



Well Control

Well Control

Pressão e Gradiente:

➤ Pressão

É uma força aplicada sobre uma unidade de área.

➤ Pressão Hidrostática

É a pressão exercida por uma coluna de fluidos em condições estáticas.

➤ Gradiente de Pressão

É o quanto de pressão o fluido exerce por metro de profundidade.



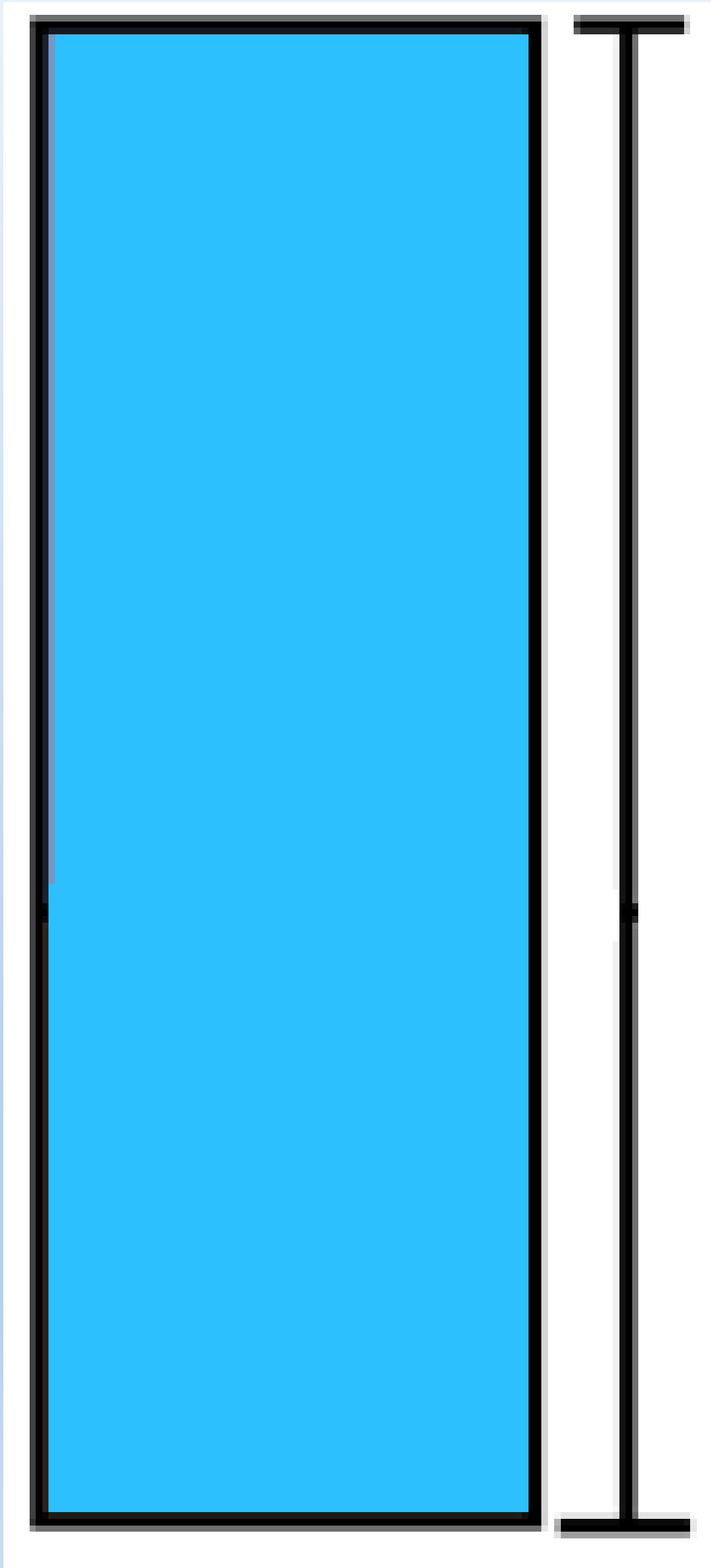
Pressão hidrostática quando se tem um fluido no poço:

$$P_h = \rho_{\text{fluido}} \times 0,1704 \times \text{TVD}$$

ρ_{fluido} : densidade do fluido;

0,1704: constante

TVD: profundidade vertical;



Pressão hidrostática no fundo do poço (BHP):

Usando as informações abaixo, qual vai ser a pressão hidrostática no fundo do poço?

Profundidade Vertical (TVD): 4478 m	Peso do fluido atual: 12.2 ppg
Profundidade Medida (MD): 4553,6 m	Peso do fluido usado no teste na sapata: 11.6 ppg
Profundidade Vertical (TVD) da Sapata: 3010 m	Perda de carga do anular: 175 psi
Profundidade Medida (MD) da Sapata: 3018,6 m	

- a) 9310 psi.
- b) 8852 psi.
- c) 9786 psi.
- d) 9485 psi.

Resposta Correta Letra (A)

Pressão hidrostática quando se tem dois fluidos no poço:



Pressão hidrostática do primeiro fluido
+
Pressão hidrostática do segundo fluido

Pressão hidrostática no fundo do poço (BHP):

Um poço de 3002 m de profundidade vertical está cheio de uma salmoura de 9,2 lb/gal. Pretende-se descer uma coluna no poço até a profundidade vertical de 1890 m (profundidade medida de 2012 m) e trocar o fluido desta profundidade até a superfície por água de 8,4 lb/gal. Calcule a pressão hidrostática a 3002 m depois que a água for circulada até a superfície.

- a) 4303 psi**
- b) 4449 psi**
- c) 4297 psi**
- d) 4706 psi**

Resposta Correta Letra (B)

Situações do poço:

- ✓ **Balance:** A pressão hidrostática é igual à pressão da formação.
- ✓ **Overbalance:** A pressão hidrostática é maior que a pressão da formação.
- ✓ **Underbalance:** A pressão hidrostática é menor que a pressão da formação.

Situação do poço:

Calcule o overbalance sobre a formação.

Peso da lama: 10,8 lb/gal

Pressão de Formação: 10,4 lb/gal

TVD: 3429 m

a) 234 psi

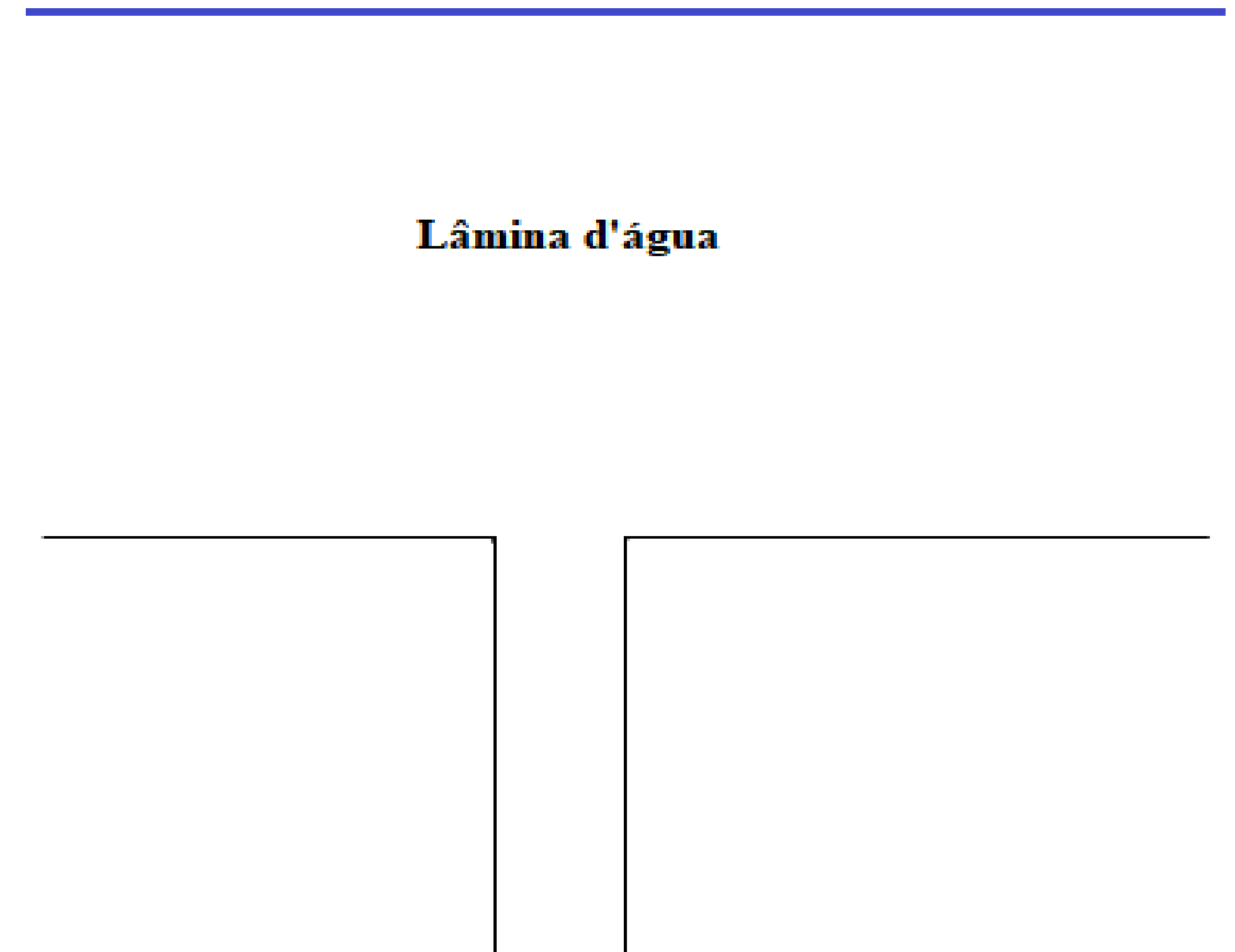
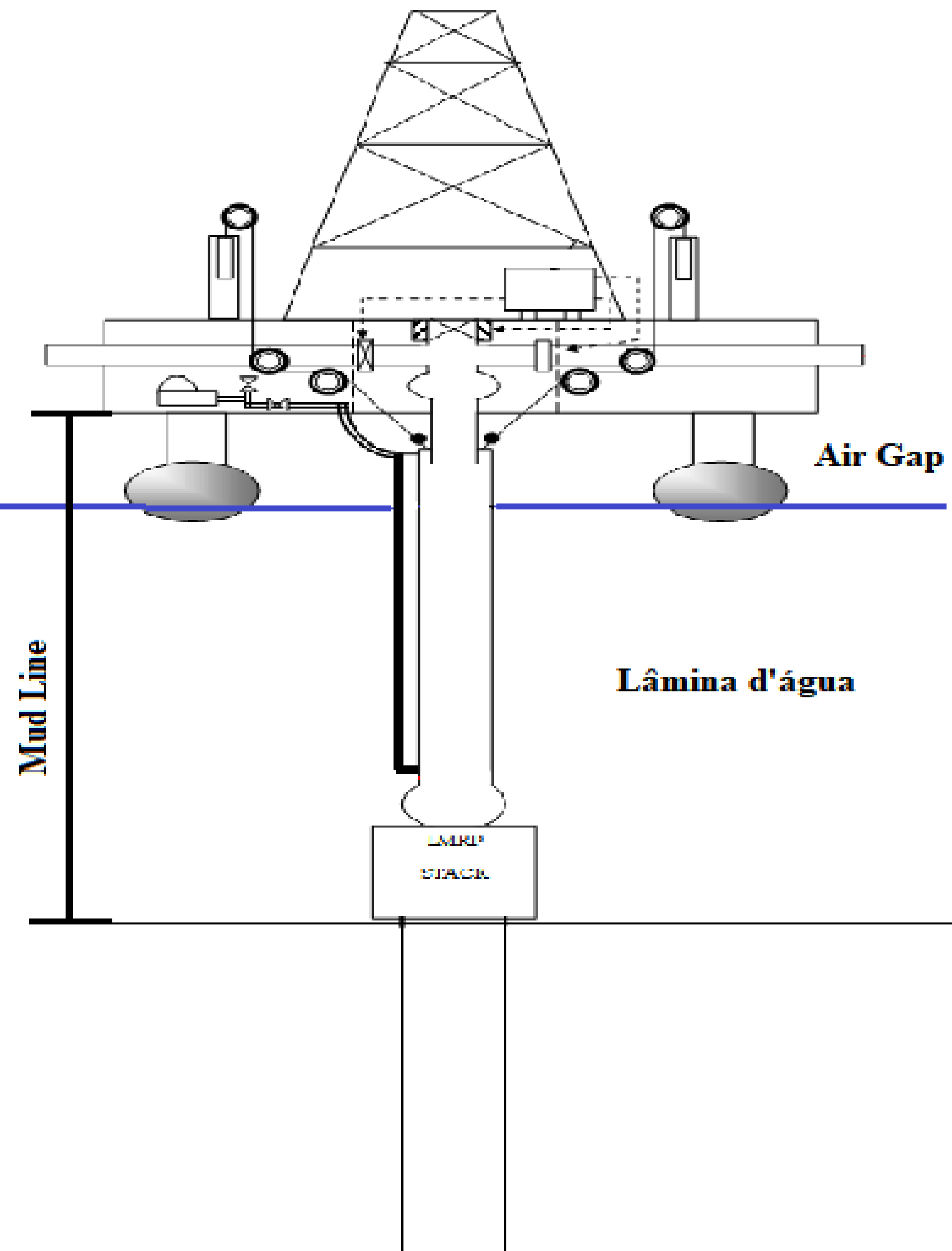
b) 1252 psi

c) 6310 psi

d) 2340 psi

Resposta Correta Letra (A)

Margem de Segurança de Riser - MSR



Margem de Segurança de Riser - MSR

Use as informações abaixo para calcular a Margem de Segurança de Riser:

Massa específica do fluido de perfuração: 12,4 lb/gal

Gradiente de pressão da água do mar: 1,46 psi/m

Profundidade vertical: 3659 m

Lâmina d'água: 1677 m

Air gap: 23 m

a) 15,6 lb/gal

b) 15,9 lb/gal

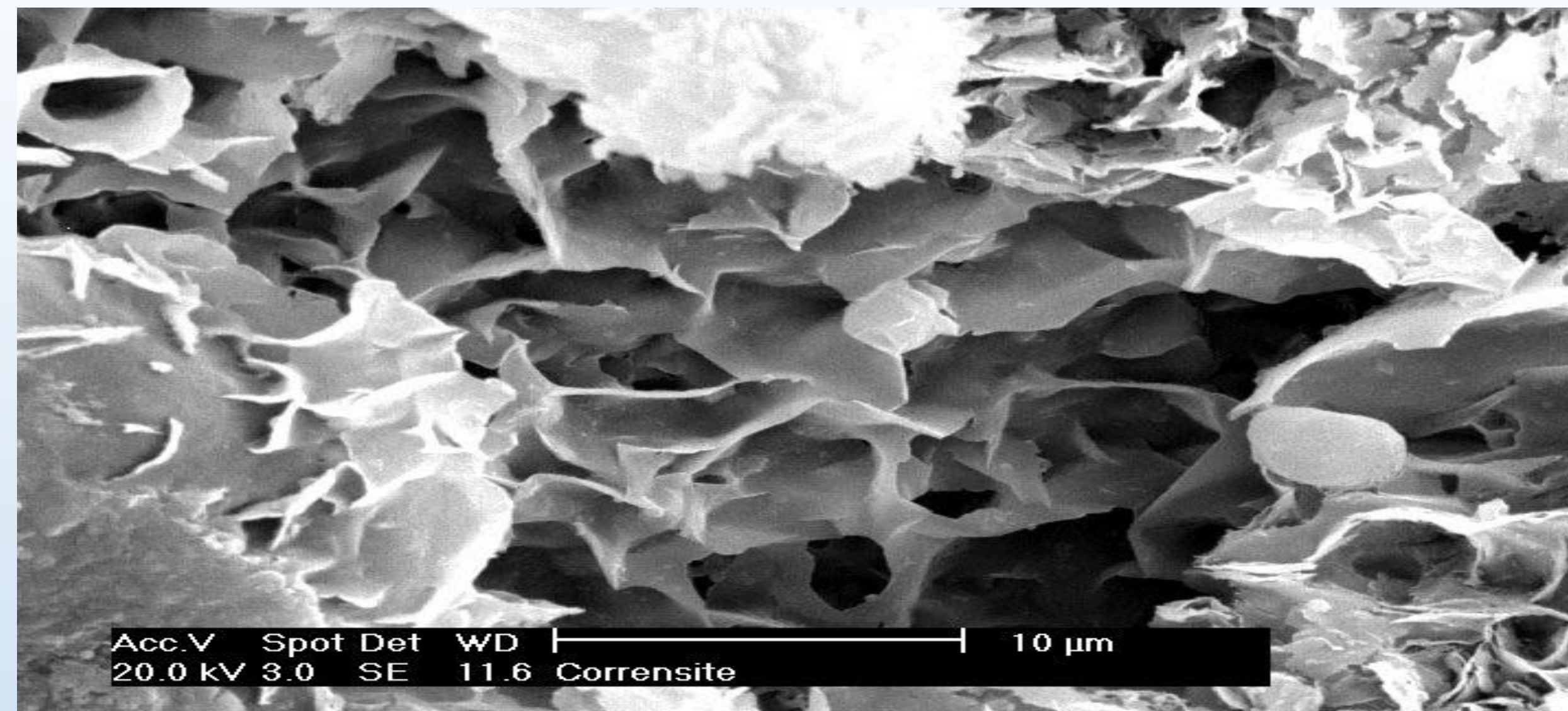
c) 15,5 lb/gal

d) 15,7 lb/gal

Resposta Correta Letra (B)

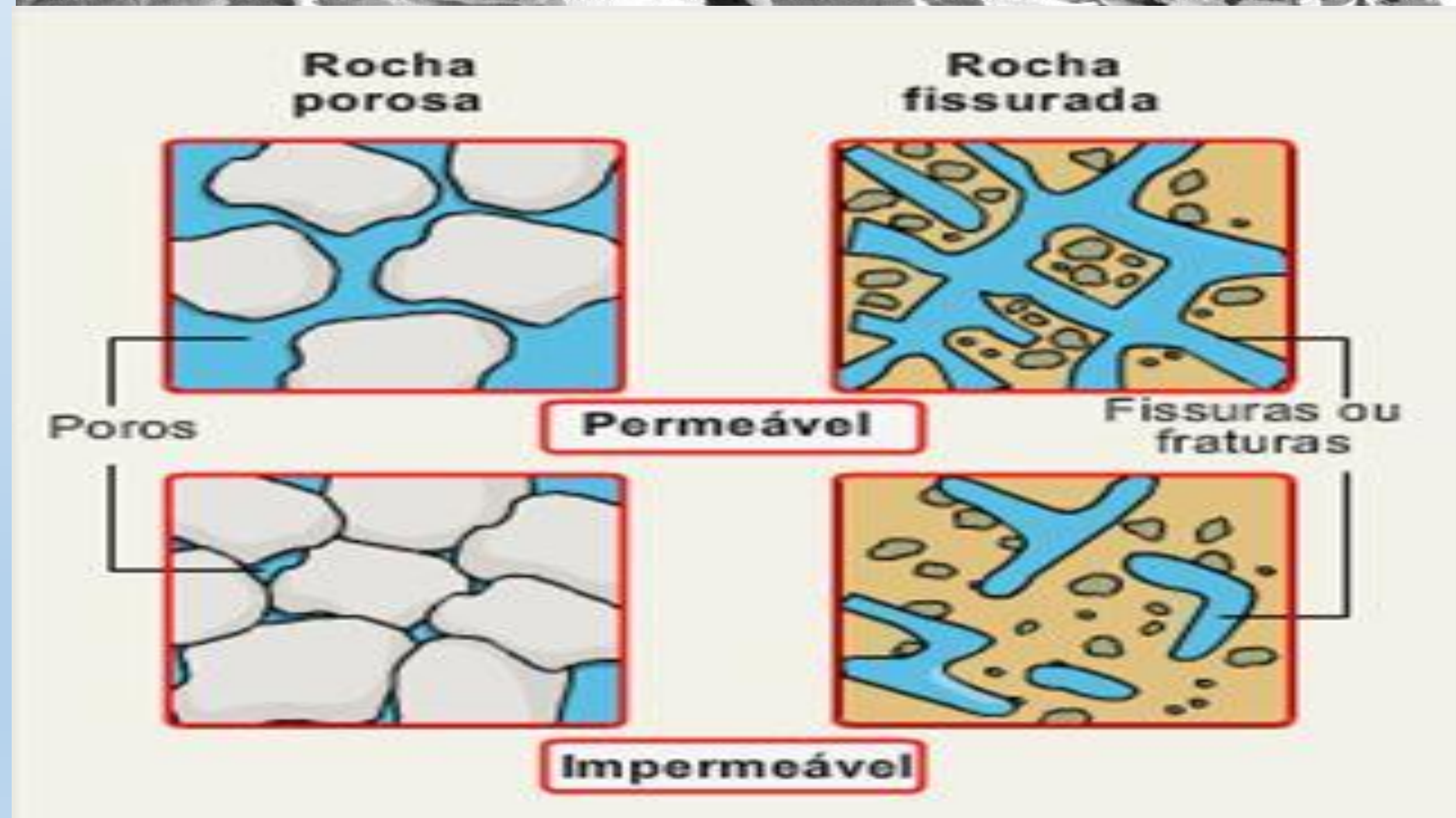
Porosidade:

É a relação entre o volume de espaços ocios de uma rocha e o volume total da mesma.

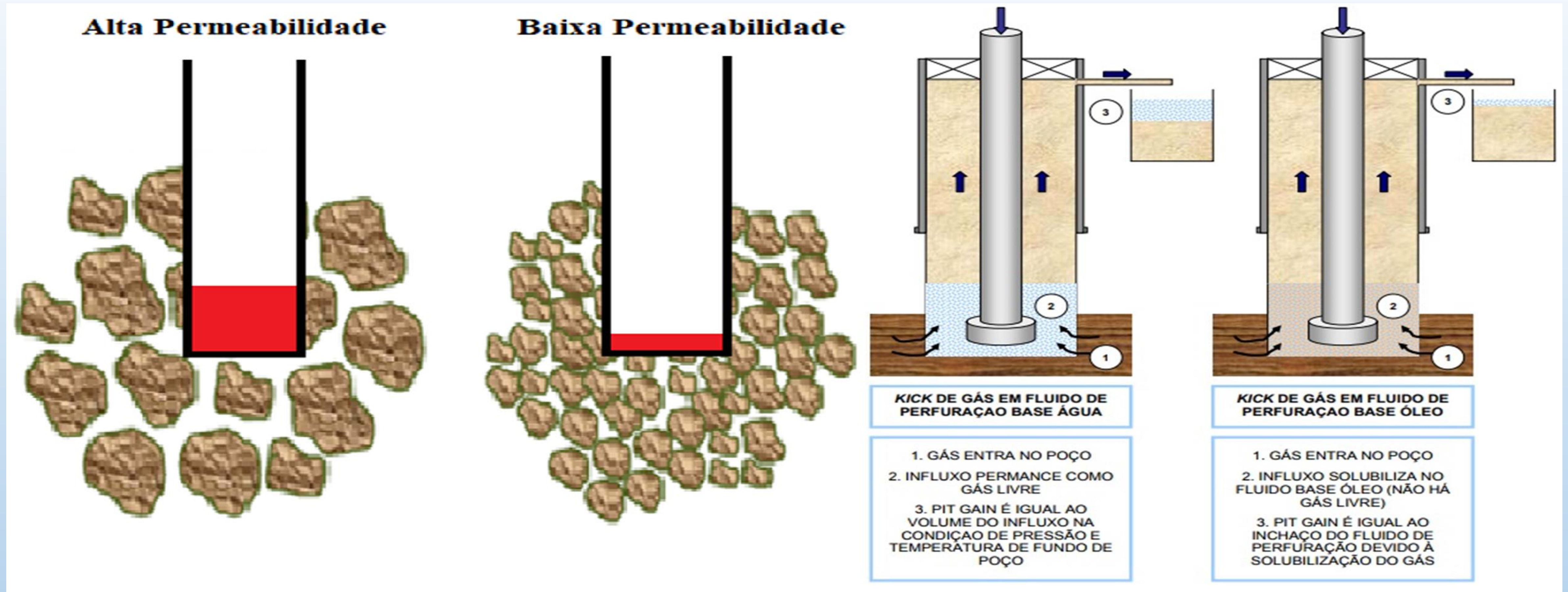


Permeabilidade:

É a capacidade de circulação de um fluido através de uma rocha, sem alterar a sua estrutura interna.



Influências da Permeabilidade na Detecção de um Kick



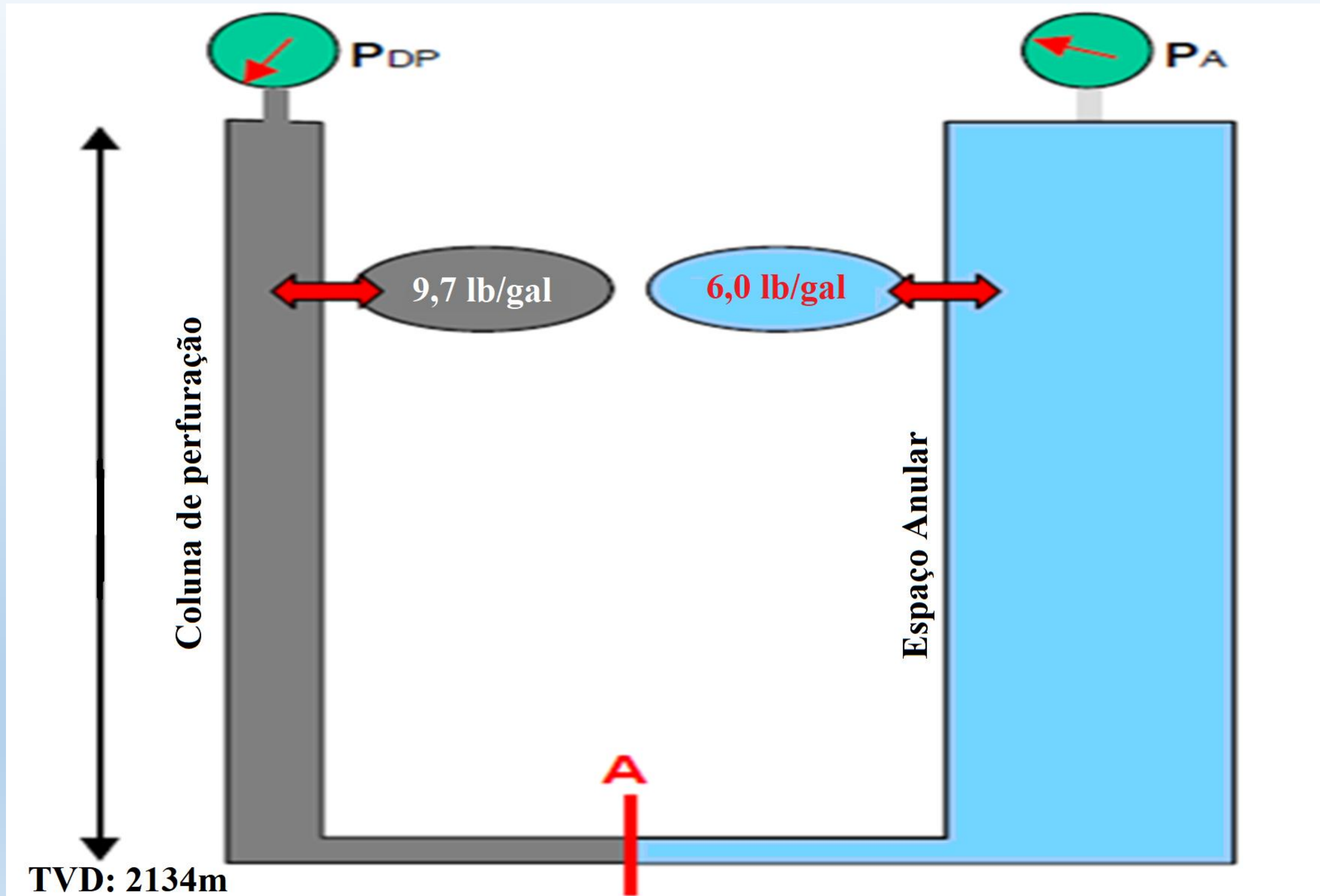
- Kicks ocorrerão mais rápido em rochas com alta permeabilidade e com um grande diferencial de pressão.
- Zonas de baixa permeabilidade e fluidos de perfuração base óleo podem atrapalhar o sondador identificar um kick.

Gás de Conexão

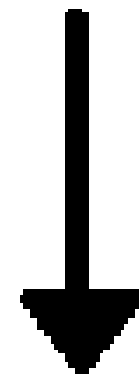
O gás de conexão ocorre no momento em que uma conexão é feita, porém somente é observado depois que um Bottom's UP é feito após a conexão.

A melhor medida a ser tomada quando isso ocorre é o adensamento do fluido, porém quando isso não é possível, pode-se fazer um controle da taxa de penetração para reduzir os eventos de gás de conexão.

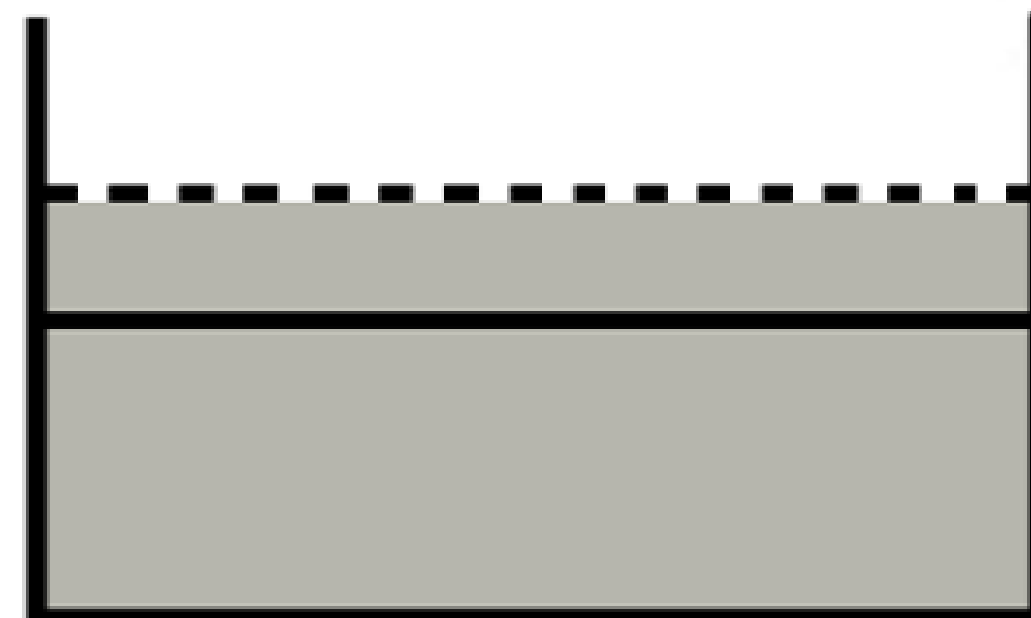
Tubo em U



Densidade do tampão: 12 lb/gal



Volume do tampão: 30 bbl



Tanque ativo



**densidade de fluido:
10 lb/gal**

Coluna de perfuração

Espaço anular

Redução de nível

Ar

Tampão na
posição adequada

Fluido de perfuração

Tampão pesado

Densidade do tampão: 12 lb/gal

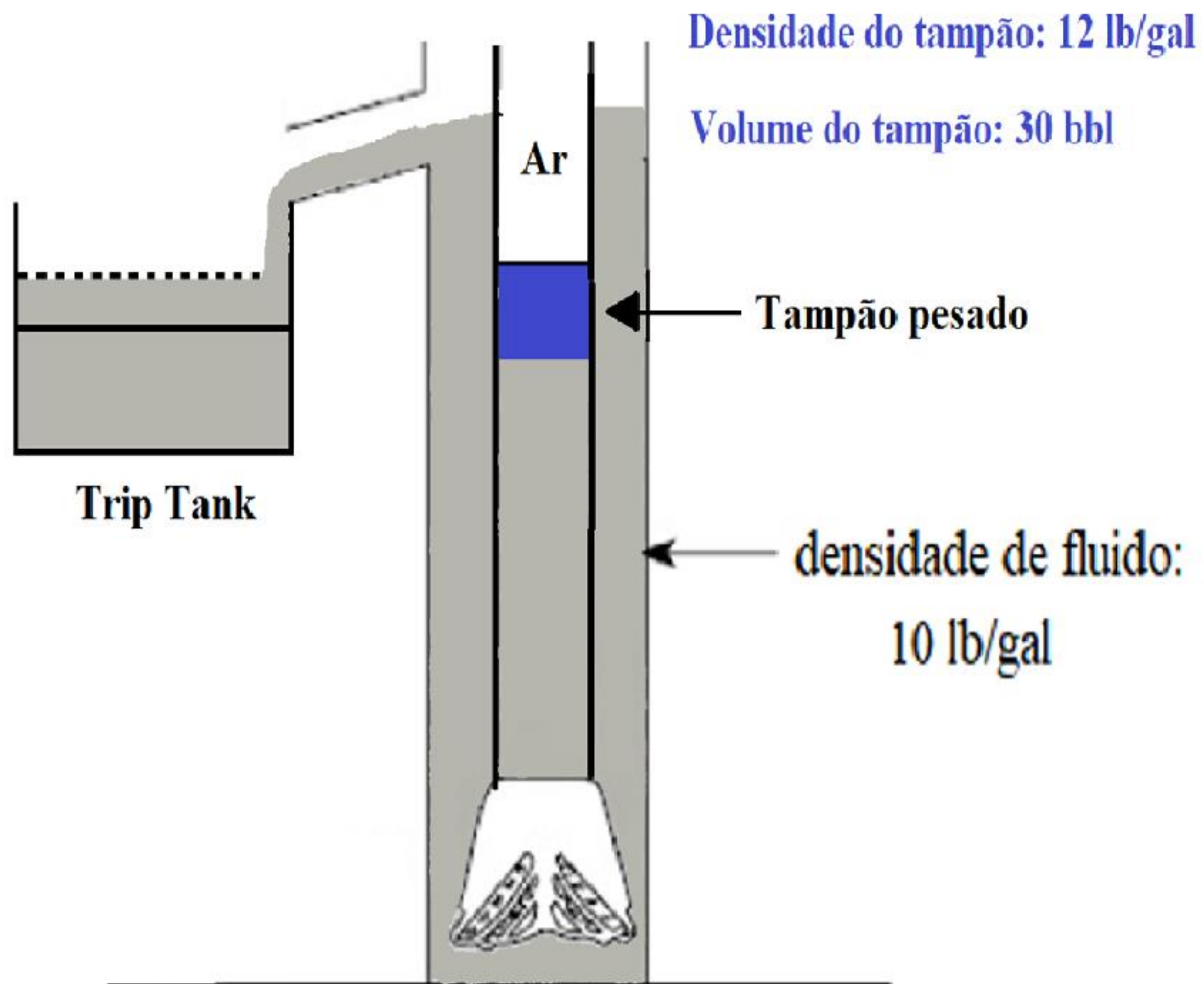
Volume do tampão: 30 bbl

Ar

Tampão pesado

densidade de fluido:
10 lb/gal

Trip Tank



Volume Retornado para o Trip Tank

Antes de puxar a coluna para fora do poço você bombeia um tampão. Imediatamente depois de posicionar o tampão no tubo de perfuração, você alinha para o tanque de manobra.

Volume do tampão = 25 bbl

Peso do tampão = 12 lb/gal

Peso do fluido de perfuração = 10 lb/gal

Capacidade do tubo de perfuração = 0,05827 bbl/m

Calcule a quantidade de fluido que retornaria ao tanque de manobra.

a) 30 bbl

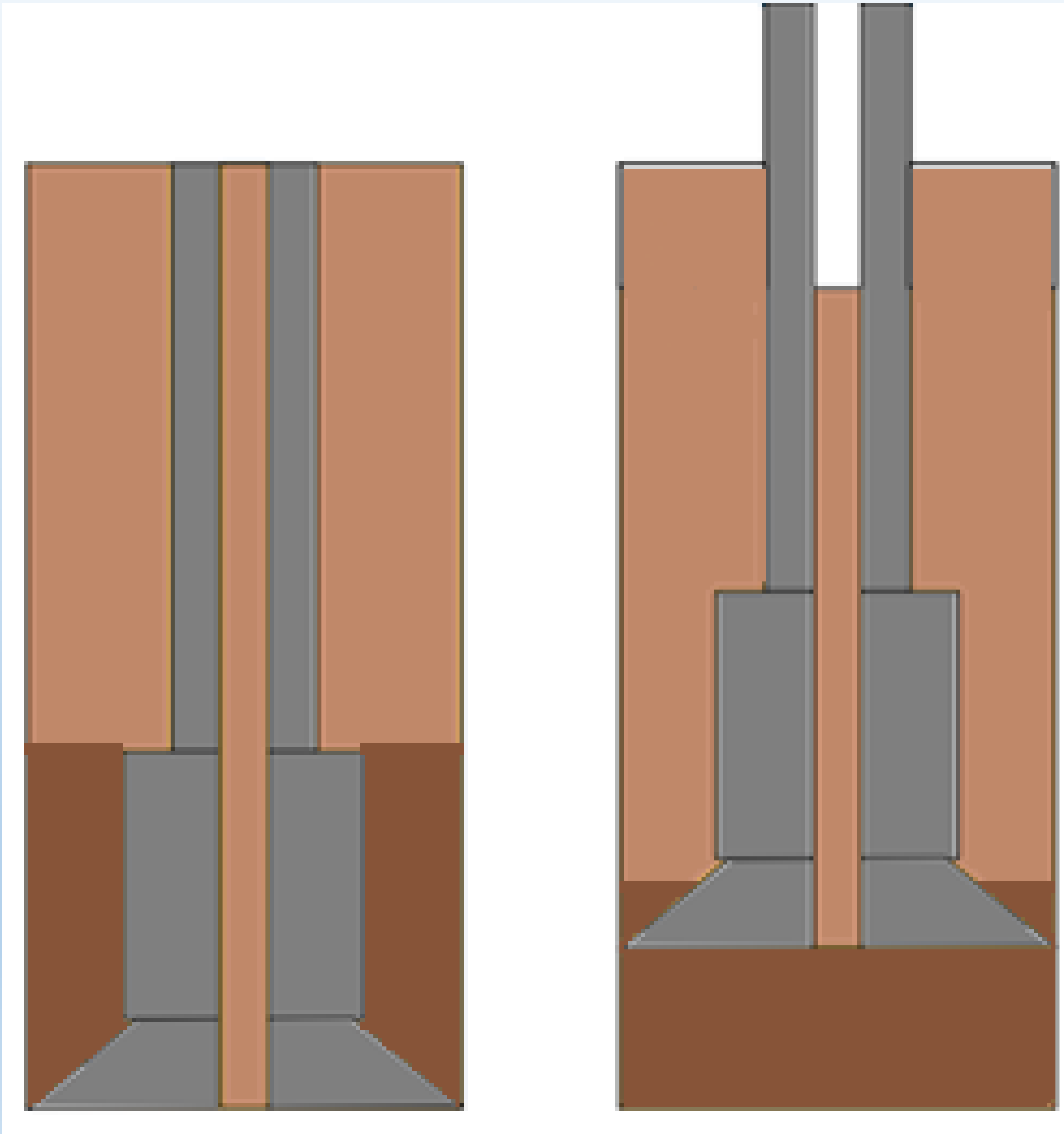
b) 10 bbl

c) 25 bbl

d) 5 bbl

Resposta Correta Letra (D)

Tampões de Controle Pesados - PILLS



Tampões de Controle Pesados - PILLS

- Podem ser usados em operações de manobra para a retirada da coluna seca, e podem ser usados no espaço anular para reduzir o risco de um pistoneio durante a manobra de retirada da coluna. O melhor local para colocar um tampão de controle pesado é na parte vertical do poço;
- Ao manobrar de volta para dentro do poço, circule o tampão de controle para fora em estágios (ciclos);
- Para localizar um tampão de controle, precisa-se:
 - Calcular o deslocamento do tubo de perfuração e cada seção anular pela qual o tampão de controle precisa atravessar. Depois converta em strokes.
- Na medida em que o tubo é retirado de dentro do tampão de controle a BHP vai diminuindo, pois a altura do tampão irá reduzir.

Funções do Fluido de Perfuração:

- ✓ Gerar pressão hidrostática.
- ✓ Limpar o poço.
- ✓ Manter os cascalhos em suspensão.
- ✓ Transmitir energia mecânica.
- ✓ Trazer informações das formações perfuradas.
- ✓ Aliviar o peso da coluna pelo empuxo.
- ✓ Resfriar e lubrificar a coluna e a broca.
- ✓ Formação de Reboco.

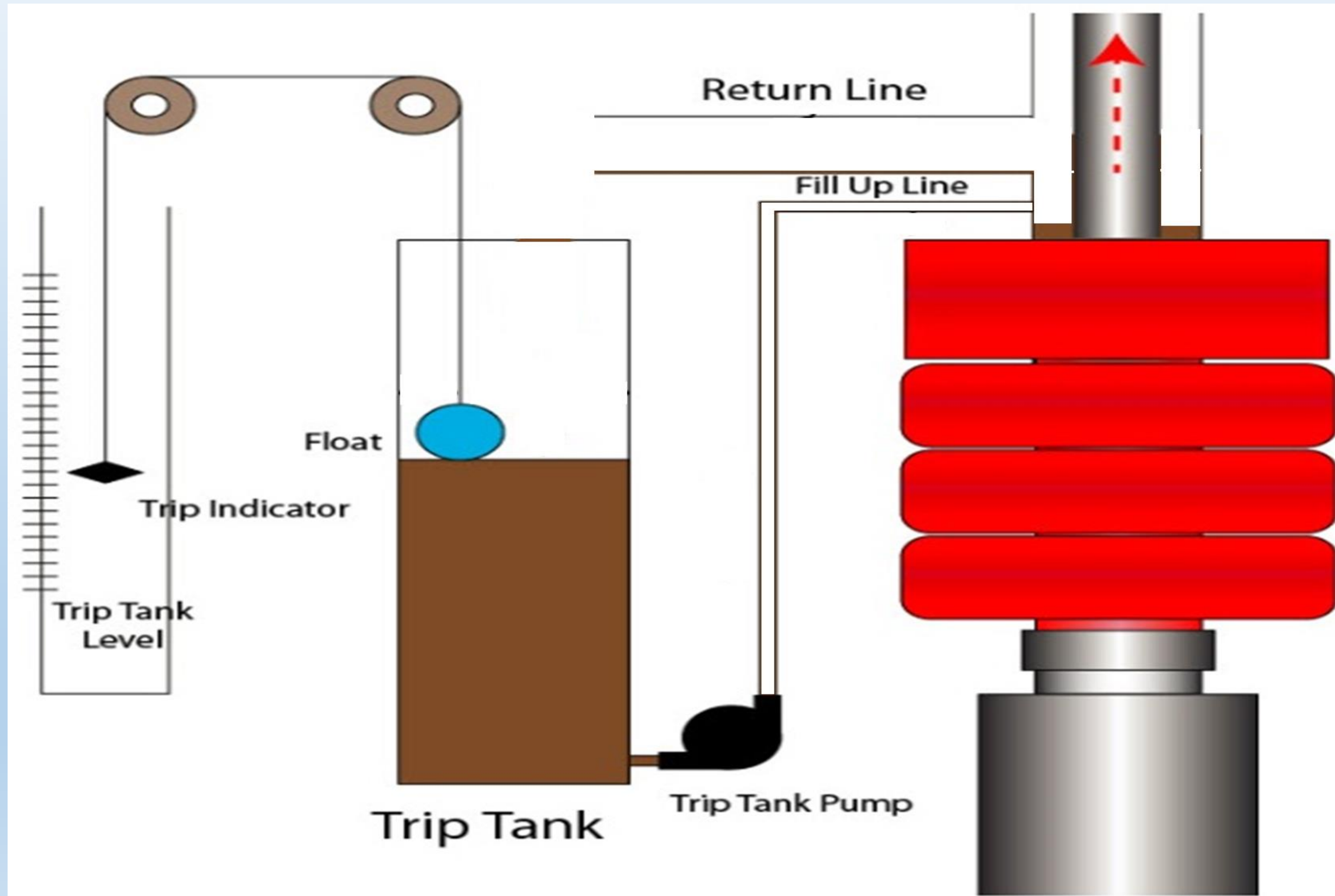


Alterações na Densidade do Fluido Devido:

- O aumento na temperatura do fluido reduz a sua densidade.
- A diminuição da temperatura do fluido aumenta a sua densidade.
- O aumento de pressão gerado sobre o fluido aumenta a sua densidade.

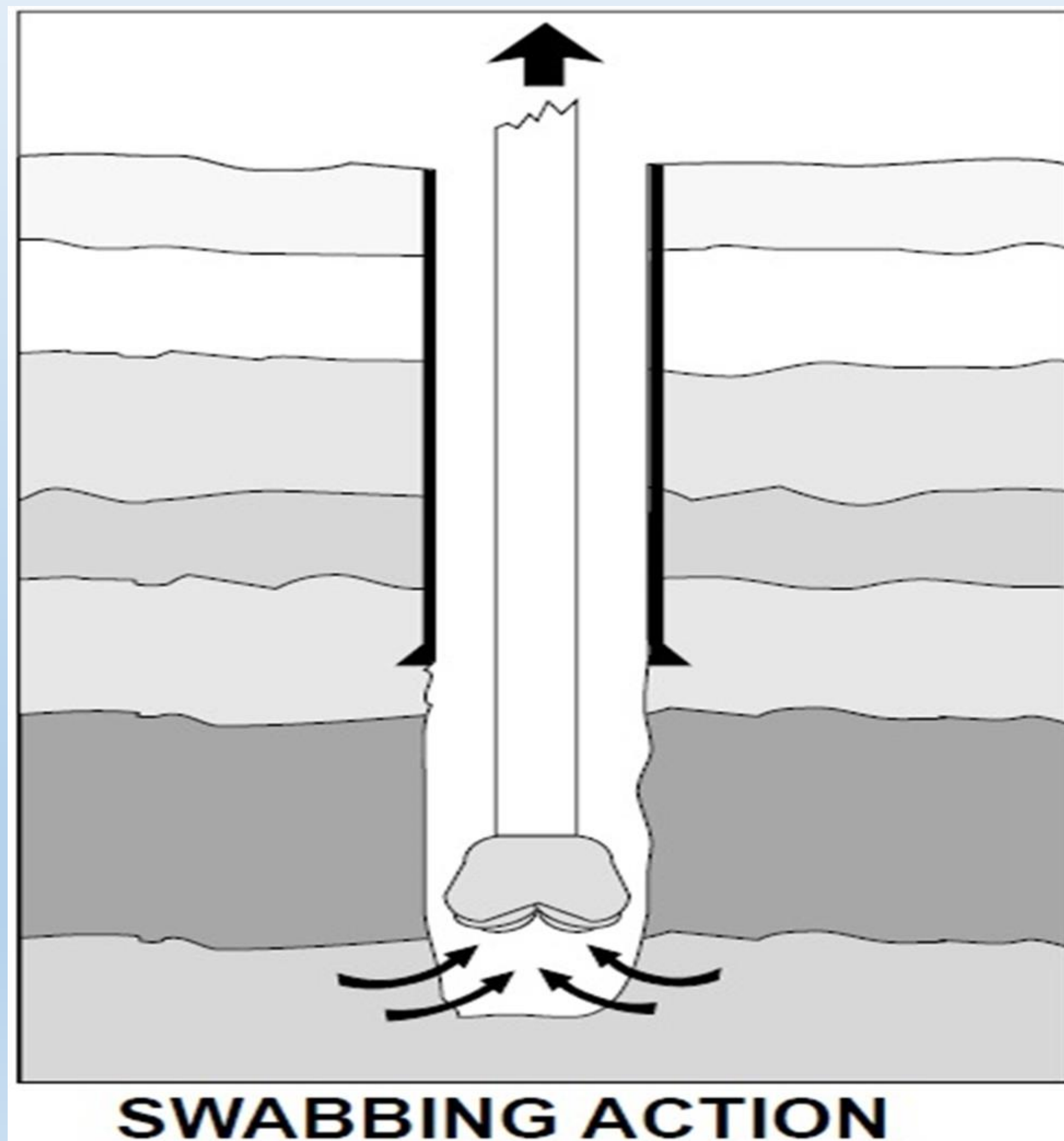
Causas de Kick:

Falha no abastecimento do poço com o volume calculado em uma manobra.



Causas de kick

Pistoneio na retirada da coluna (Swabbing)



O que ocasiona o pistoneio na retirada da coluna?

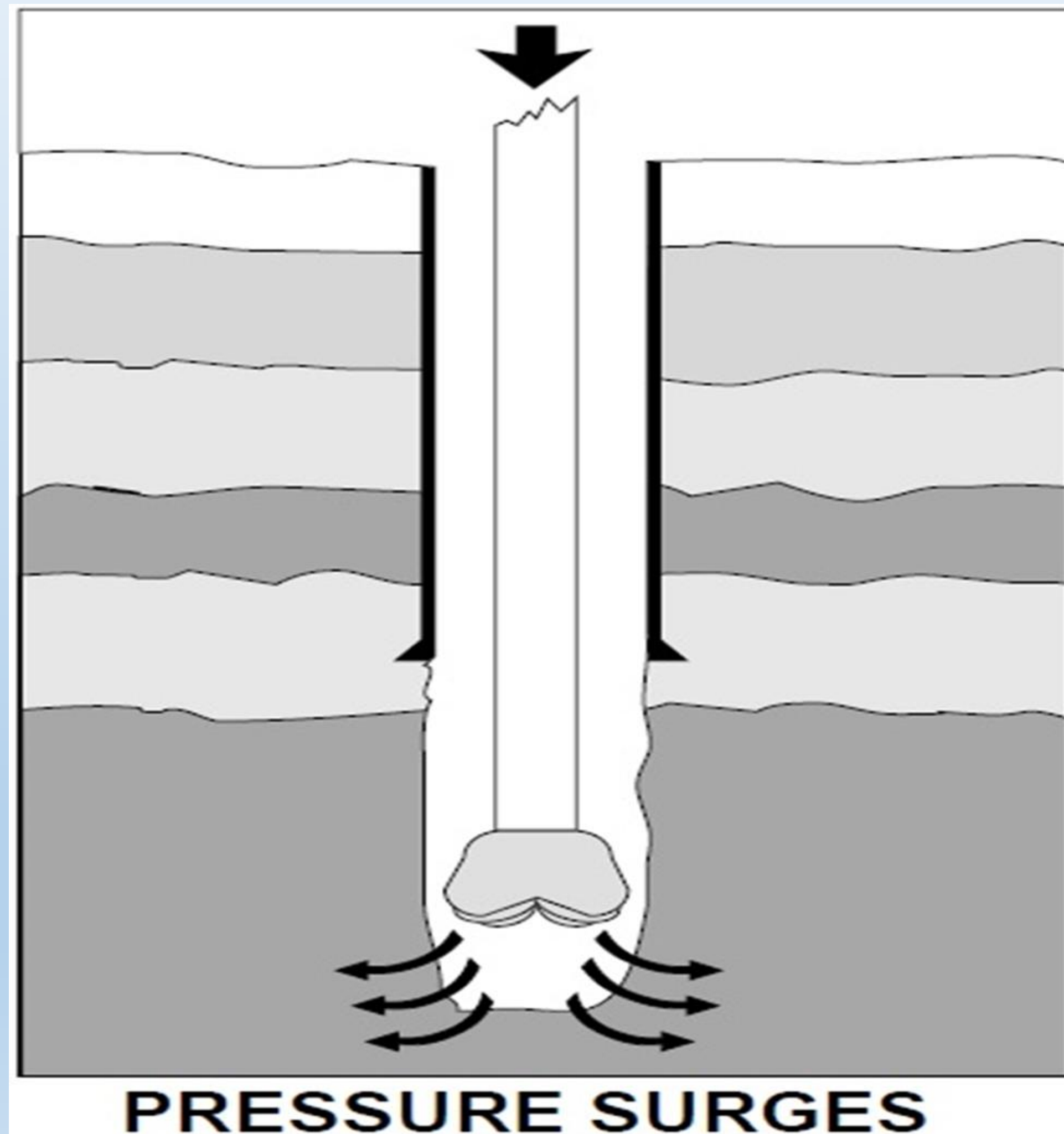
- Velocidade de manobra excessiva;
- Espaço anular muito estreito;
- Broca encerrada;
- Alta viscosidade do fluido (alta força gel).

O que o pistoneio gera no fundo do poço?

- Reduz momentaneamente a pressão no fundo do poço;
- Gera influxo dos fluidos da formação para o interior do poço.

Causas de kick

Pistoneio na descida da coluna (Surging)



O que ocasiona o pistoneio na descida da coluna?

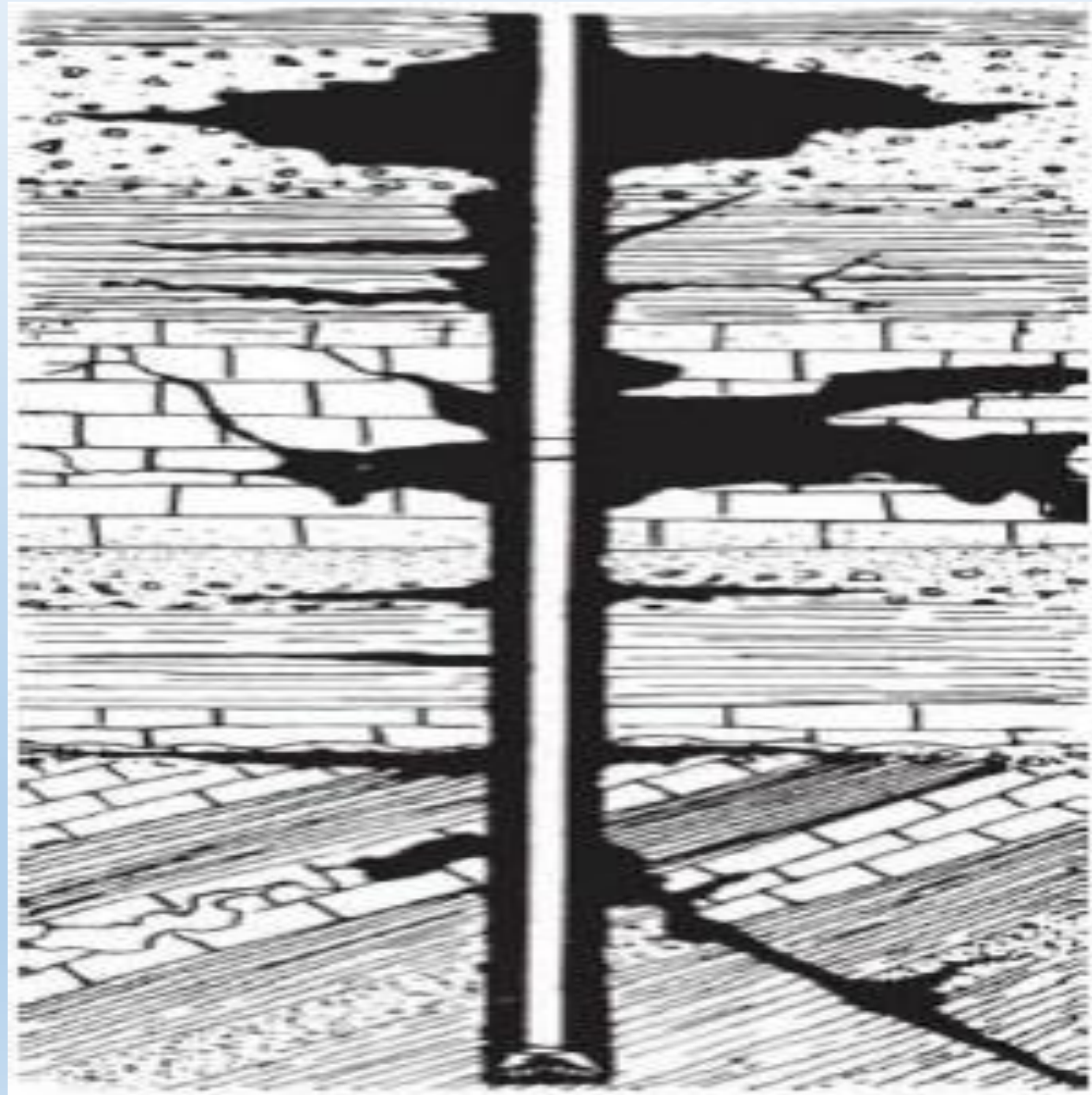
- Velocidade de manobra excessiva;
- Fluido com alta força gel;
- Espaço anular muito estreito.

O que o pistoneio gera no fundo do poço?

- Aumenta a pressão no fundo do poço;
- Fratura a formação;
- Gera perda de fluido para a formação (perda de circulação).

Causas de kick

Perda de circulação



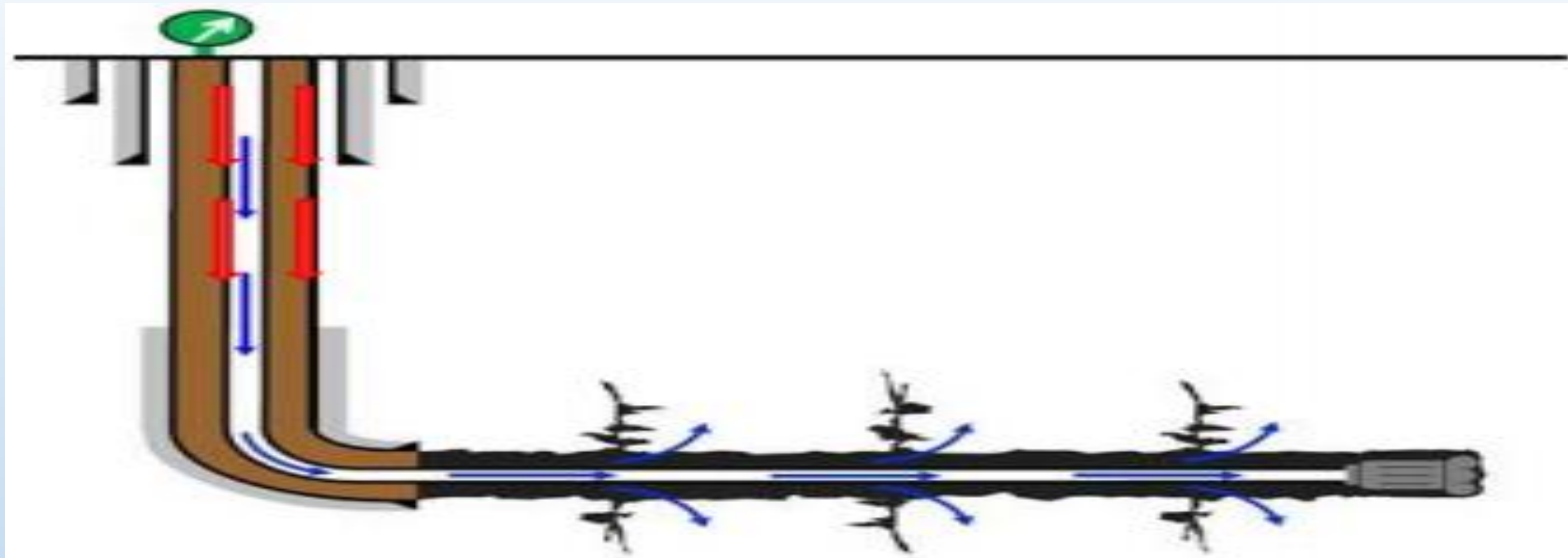
Perda total de circulação:

Não tem retorno de fluido para a superfície.

Perda parcial de circulação:

Continua tendo retorno de fluido para a superfície, porém esse retorno é menor do que o volume que retornava antes.

Pressurized Mud Cap Drilling (PMCD)

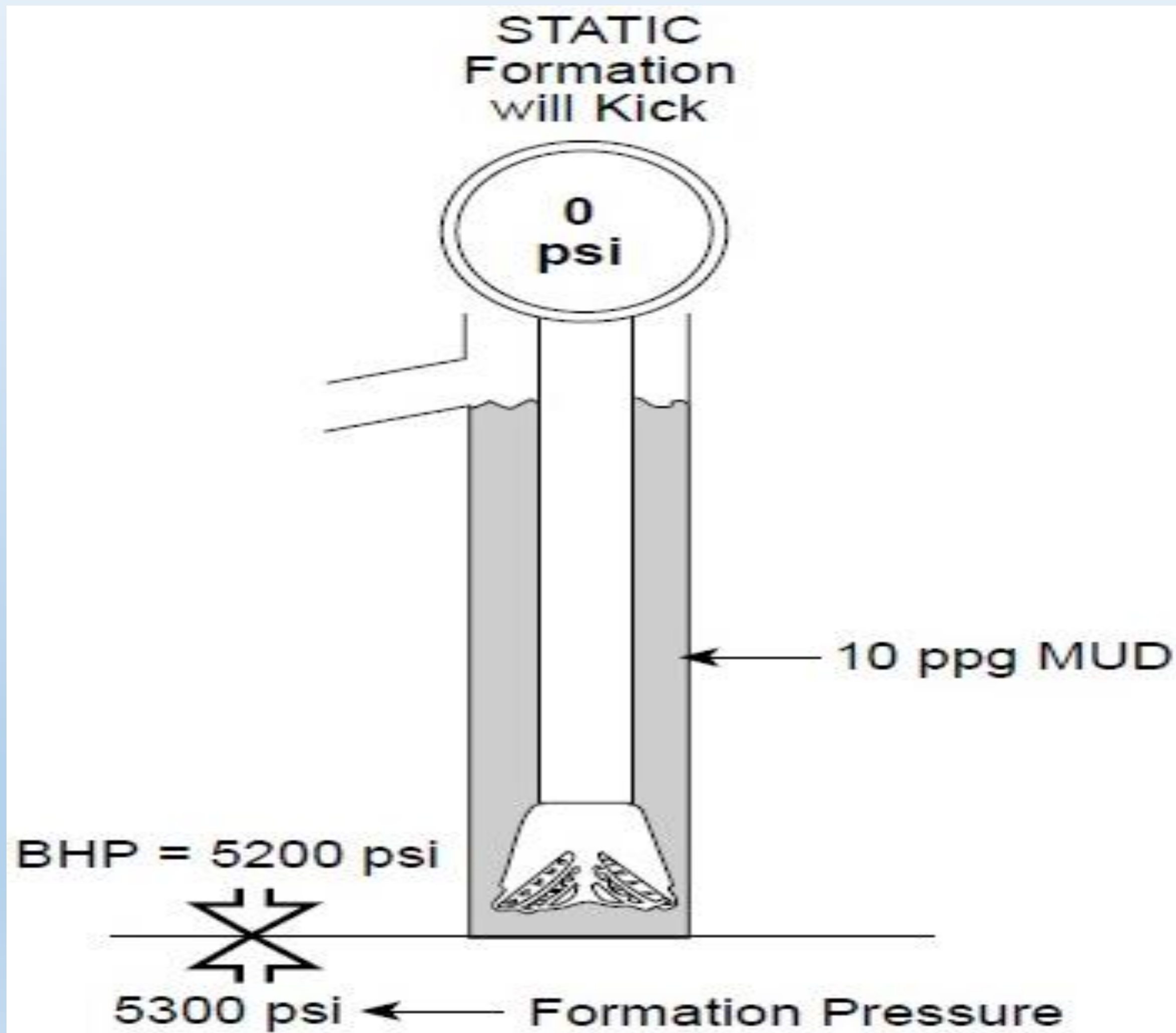


É uma técnica de MPD onde não há retorno de fluido de perfuração para a superfície e é utilizado em situações em que perdas de circulação severas ou totais são encontradas. Esta técnica é bombear um fluido de sacrifício (sacrificial fluid - SAC) através da coluna de perfuração enquanto um fluido sob pressão é injetado através do anular, funcionando como barreira primária contra um kick. O fluido de sacrifício é simplesmente injetado para o interior da formação carregando todo o cascalho gerado pela perfuração.



Causas de Kick:

Densidade Insuficiente de Fluido



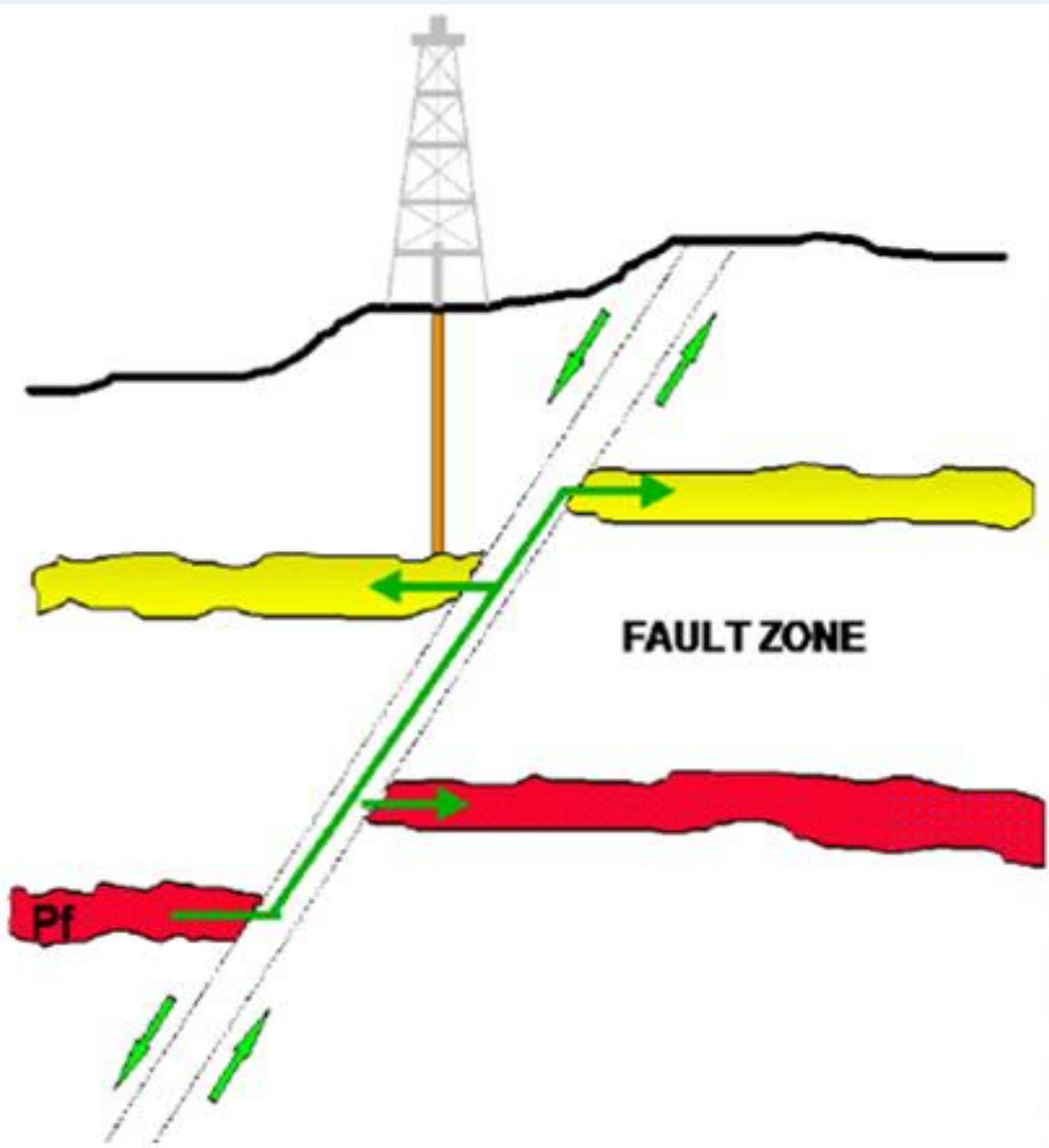
O que pode gerar uma densidade insuficiente de fluido?

- Diluição do fluido na superfície;
- Pressão de formação anormalmente alta;
- Contaminação do fluido de perfuração com os fluidos da formação;
- Processar o fluido por muito tempo na centrífuga;
- Deixar os agitadores dos tanques desligados (causa a decantação da baritina);
- Transferência de fluido de densidade errada para o tanque ativo.

Causas de Kick:

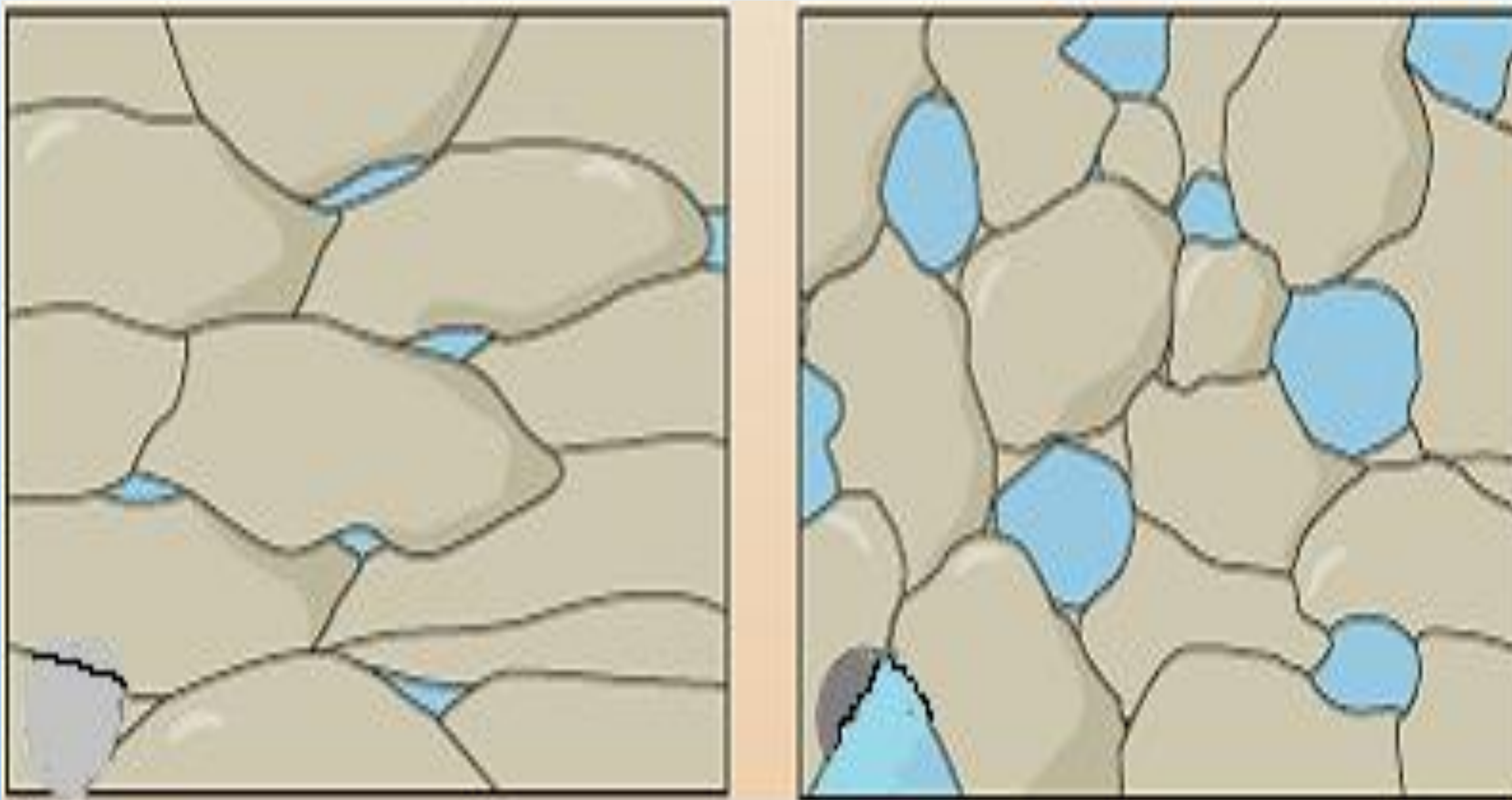
Pressão de Formação Anormalmente Alta:

Considera-se pressão da formação anormalmente alta quando a pressão da formação é maior do que a pressão hidrostática da água da formação.

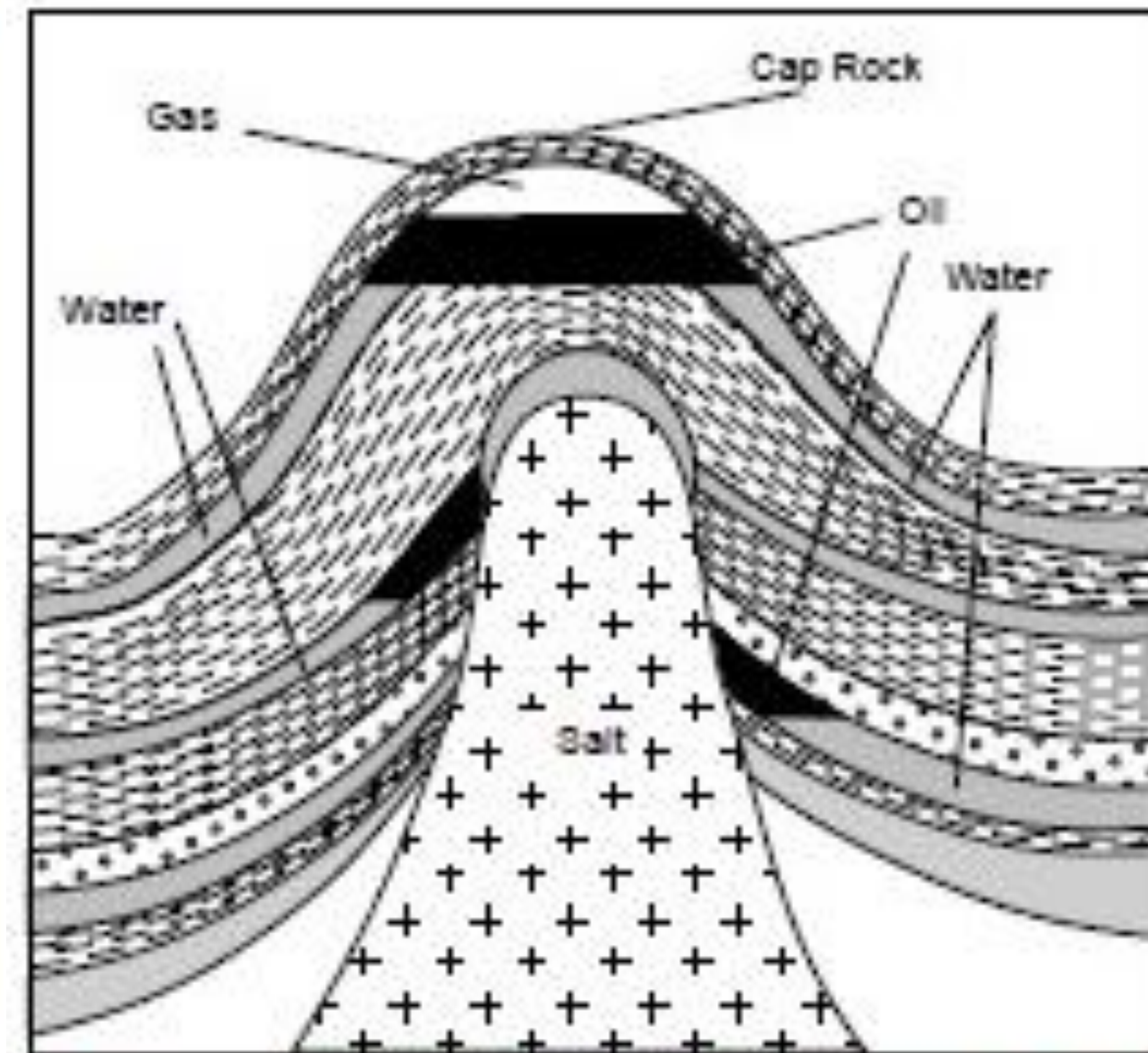


Causas de Kick:

Pressão da Formação Anormalmente Alta



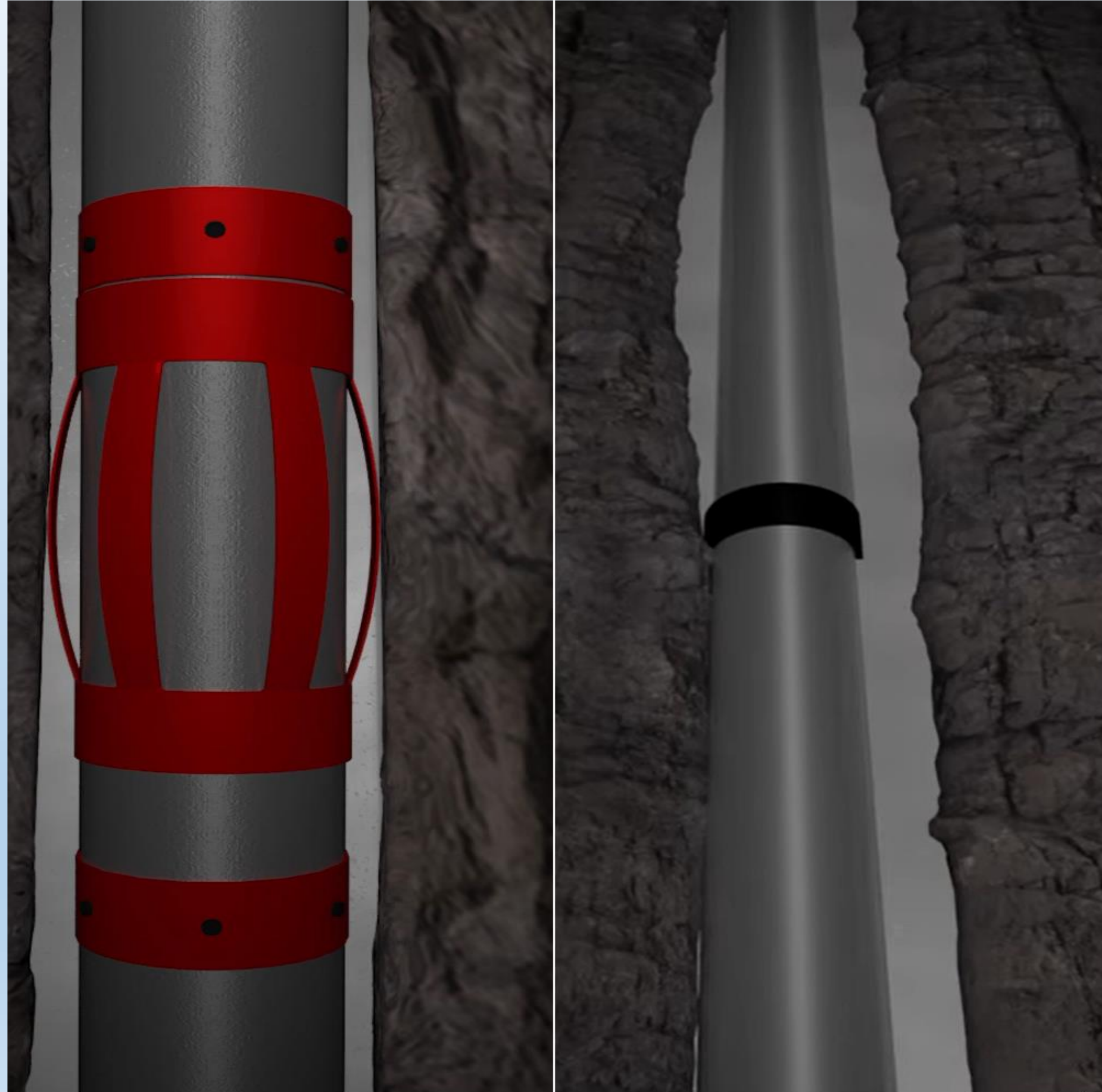
Líquido Aprisionado em Folhelho



Zonas Anticlinais - Domos de Sal

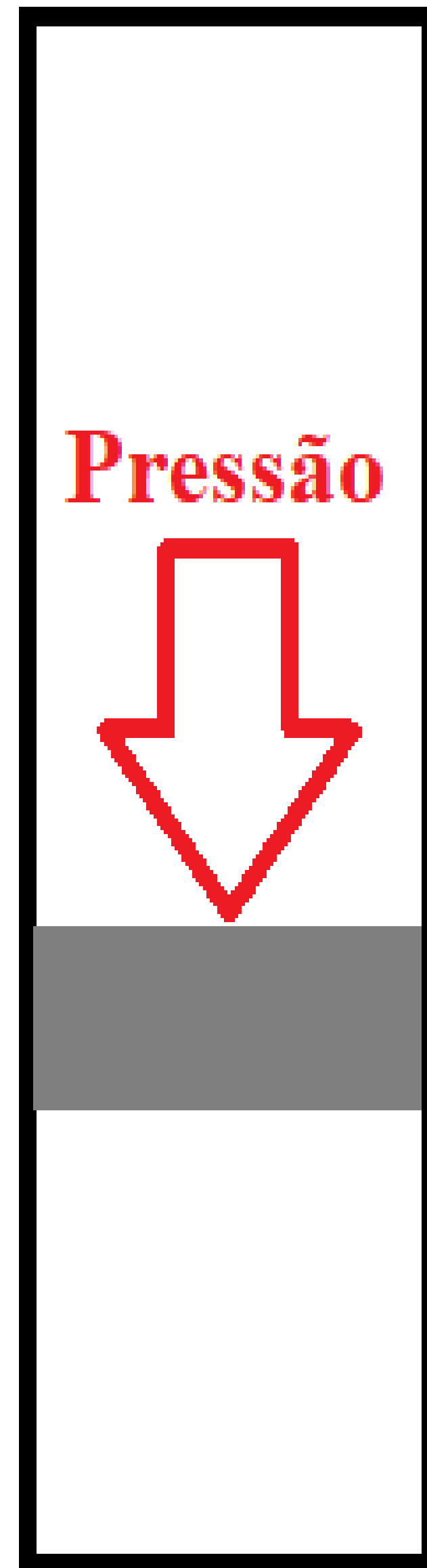
Causas de Kick:

Má cimentação

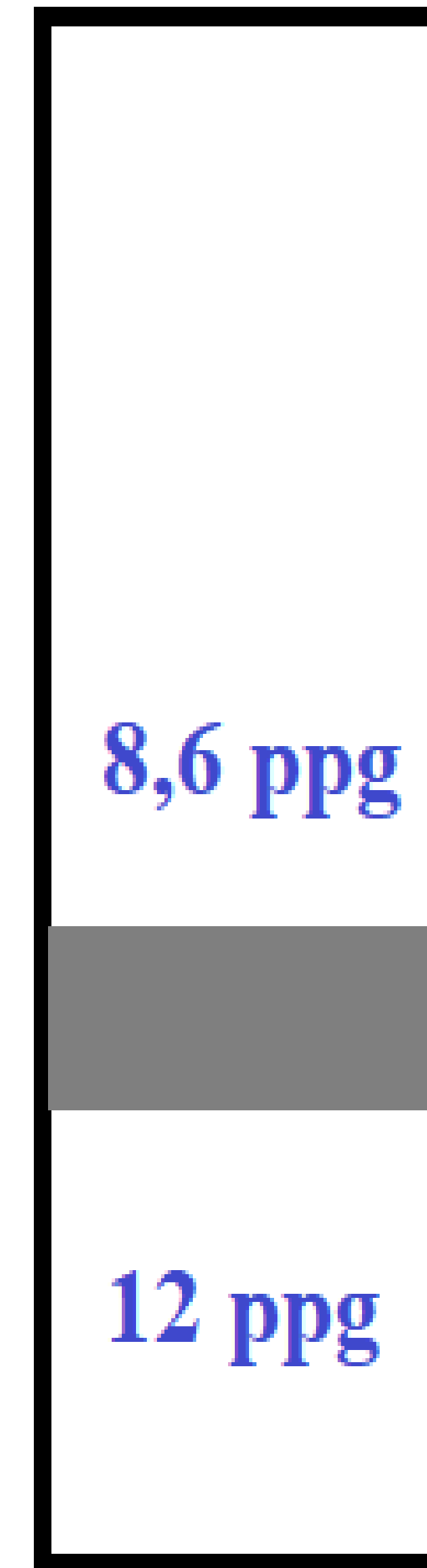


Testes do Tampão de Cimento

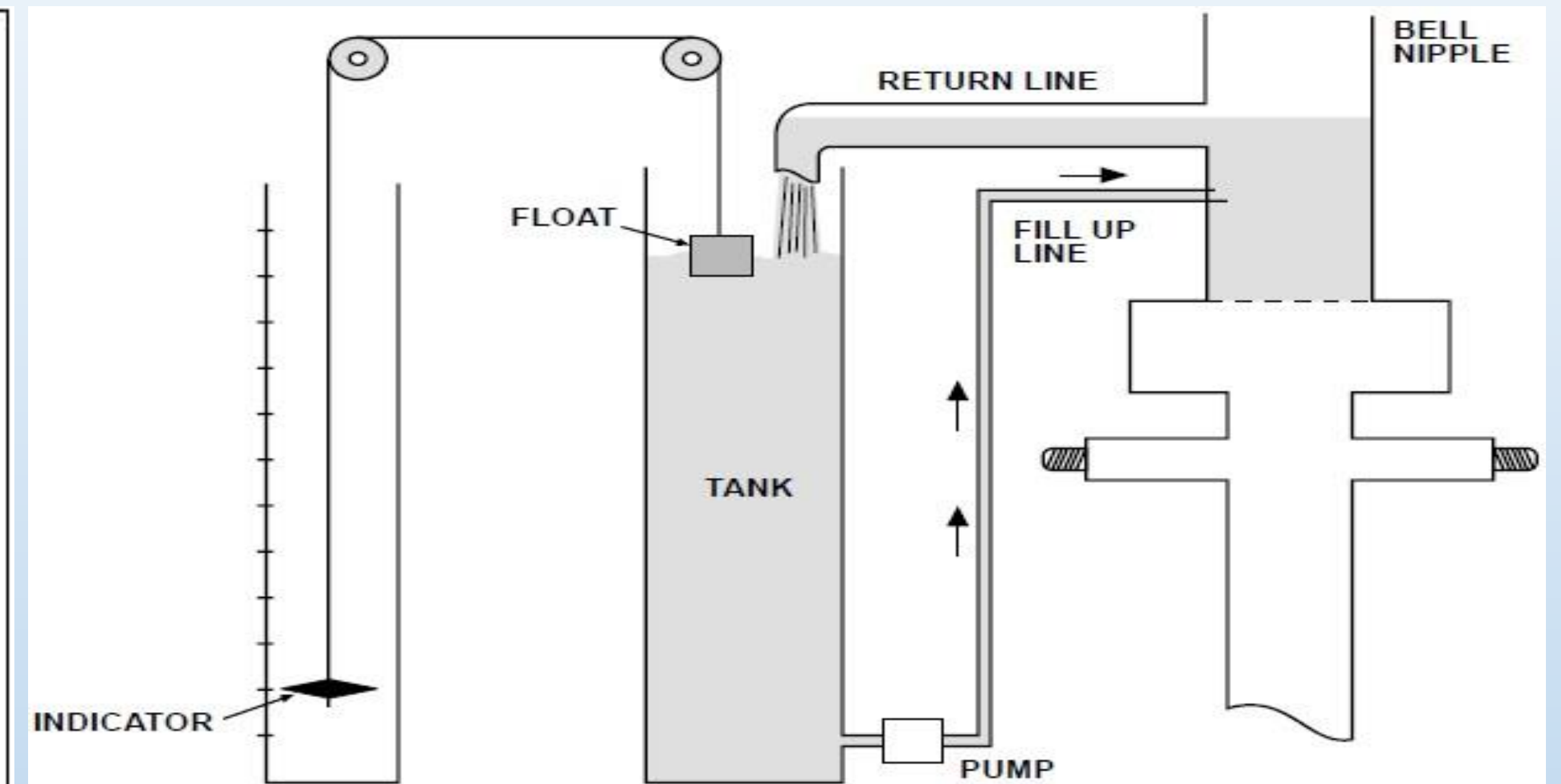
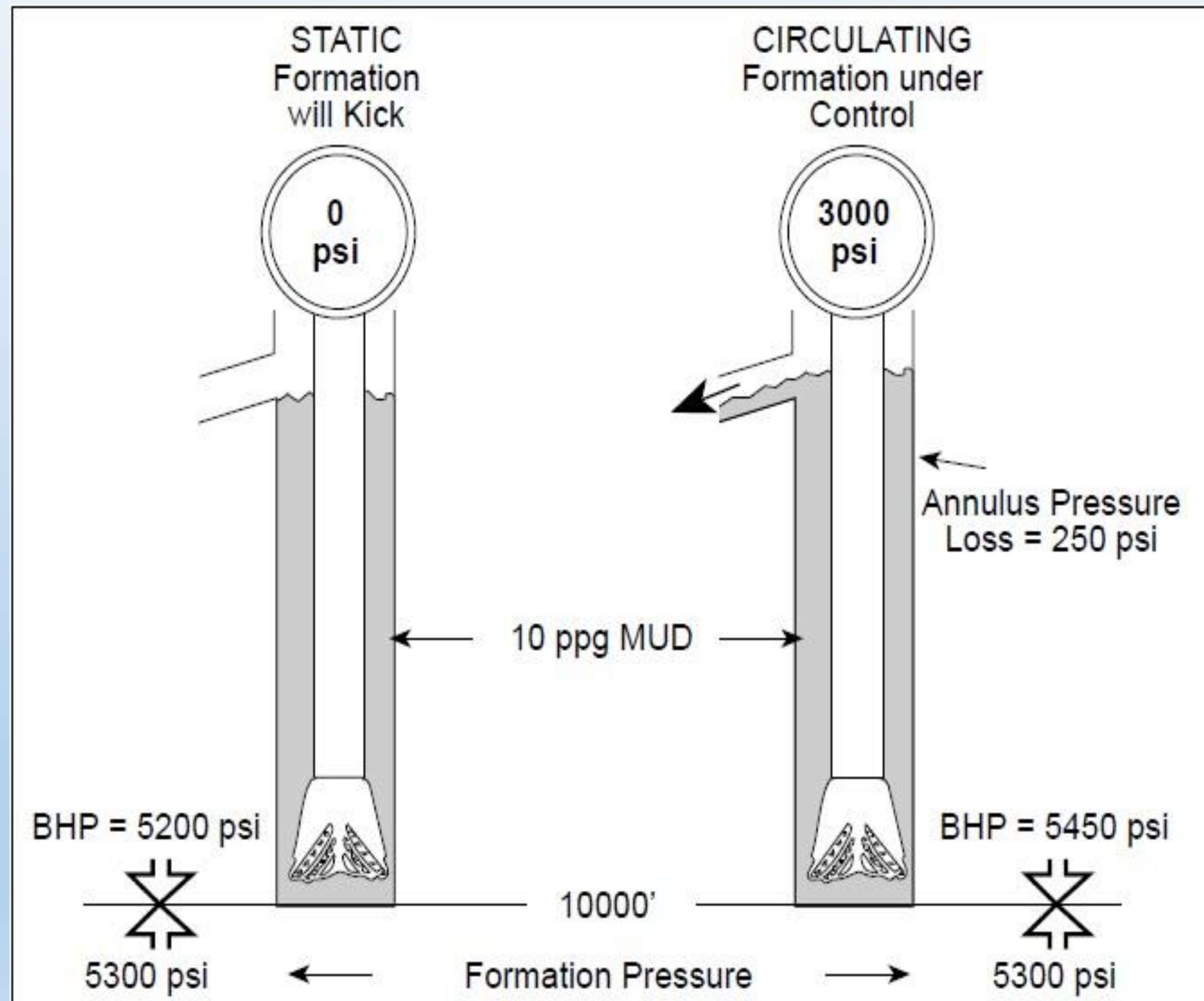
Teste Positivo



Teste Negativo



Detecção de Kick



Detecção de Kick

Indícios Primários de Kick:

- ✓ Aumento da vazão de retorno.
- ✓ Ganho no volume dos tanques.
- ✓ Fluxo com as bombas desligadas.

Obs:

Drilling Break: Um aumento ou redução significativa da taxa de penetração.

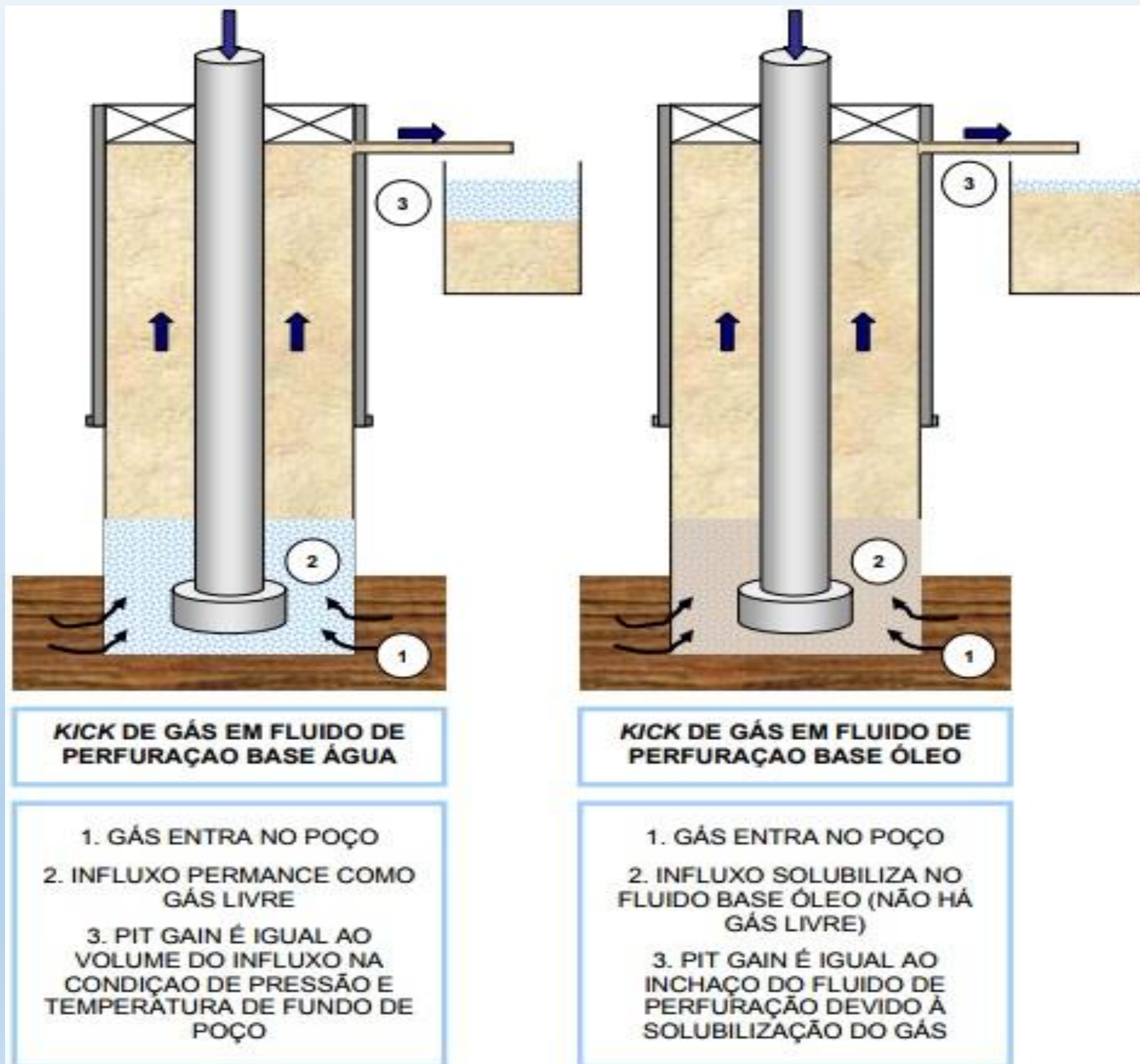
Drilling Break Negativo (quebra negativa da taxa): Uma redução significativa da taxa.

Indícios Secundários de Kick:

- ✓ Diminuição da pressão de bombeio.
- ✓ Mudanças das propriedades do fluido de perfuração.
- ✓ Mudança no tamanho, densidade e formato dos cascalhos.
- ✓ Drilling Break Positivo (Aumento da taxa de penetração - ROP).
- ✓ Mudanças no torque e na rotação (RPM).
- ✓ Aumento da temperatura do fluido.
- ✓ Poço aceitando menos lama do que volume calculado.

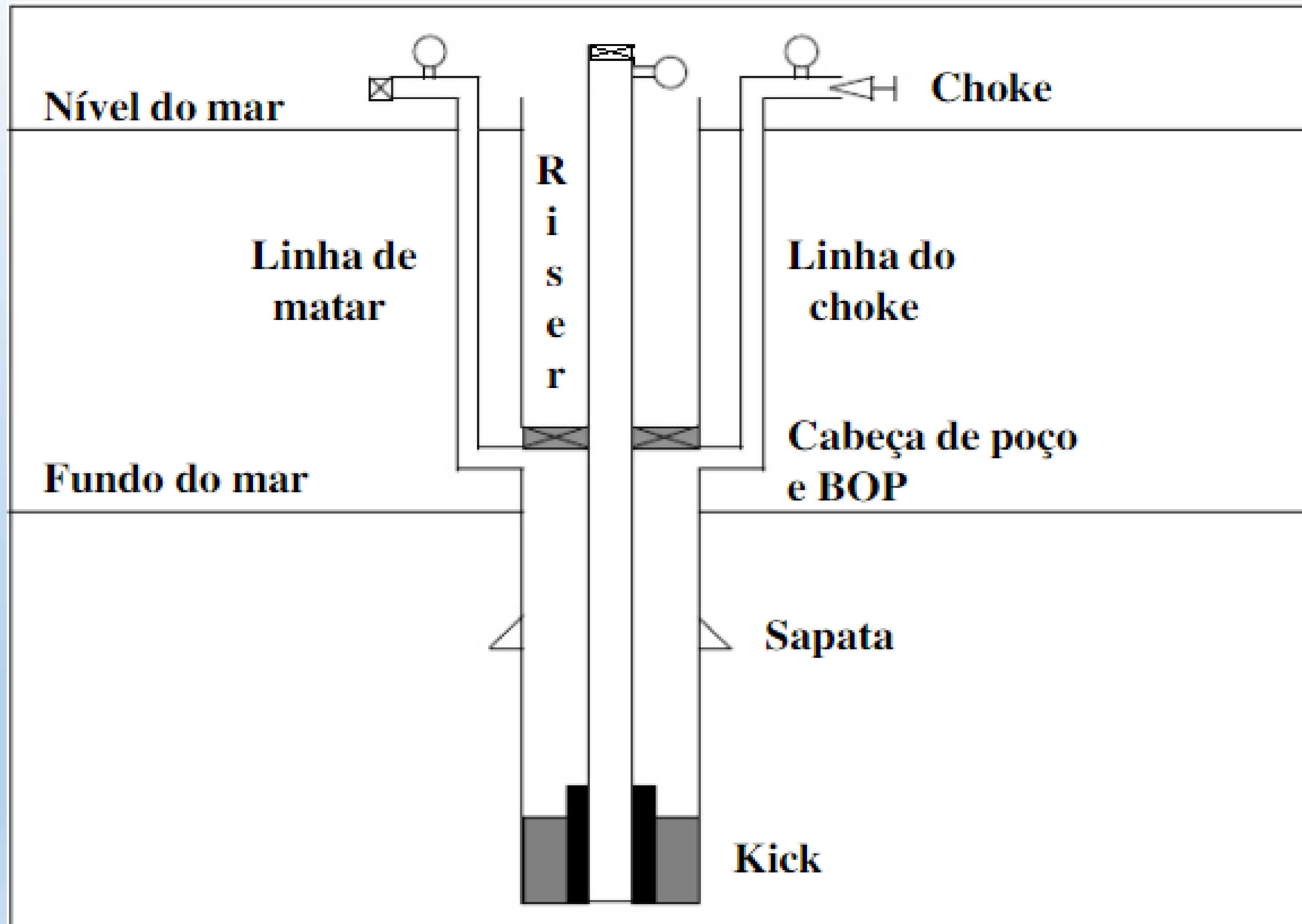
Alertas de zonas de Alta Pressão

O que dificulta a detecção de um kick?



- Transbordamento de fluido nas peneiras;
- Movimentação de guindaste;
- Condições climáticas;
- Variação do nível do mar;
- Transferência de fluido sem avisar;
- Fluido à base de óleo e zonas de baixa permeabilidade;
- Efeito ballooning;
- Quando liga ou desliga um desareador ou dessiltador sem comunicar ao sondador.

Métodos de Fechamento de Poço



Métodos de Fechamento de Poço - **PERFURANDO**

▪Método HARD Shut In

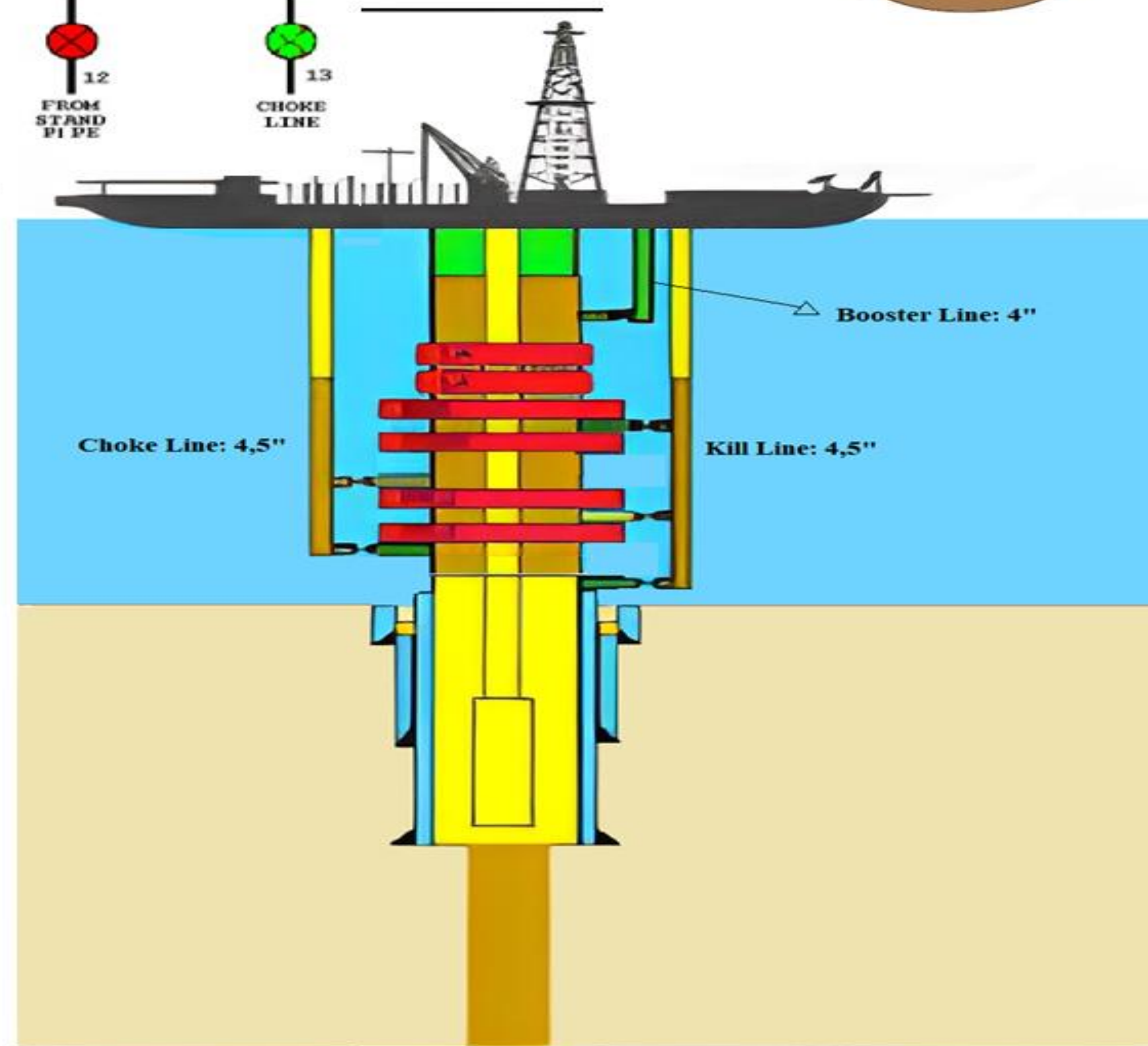
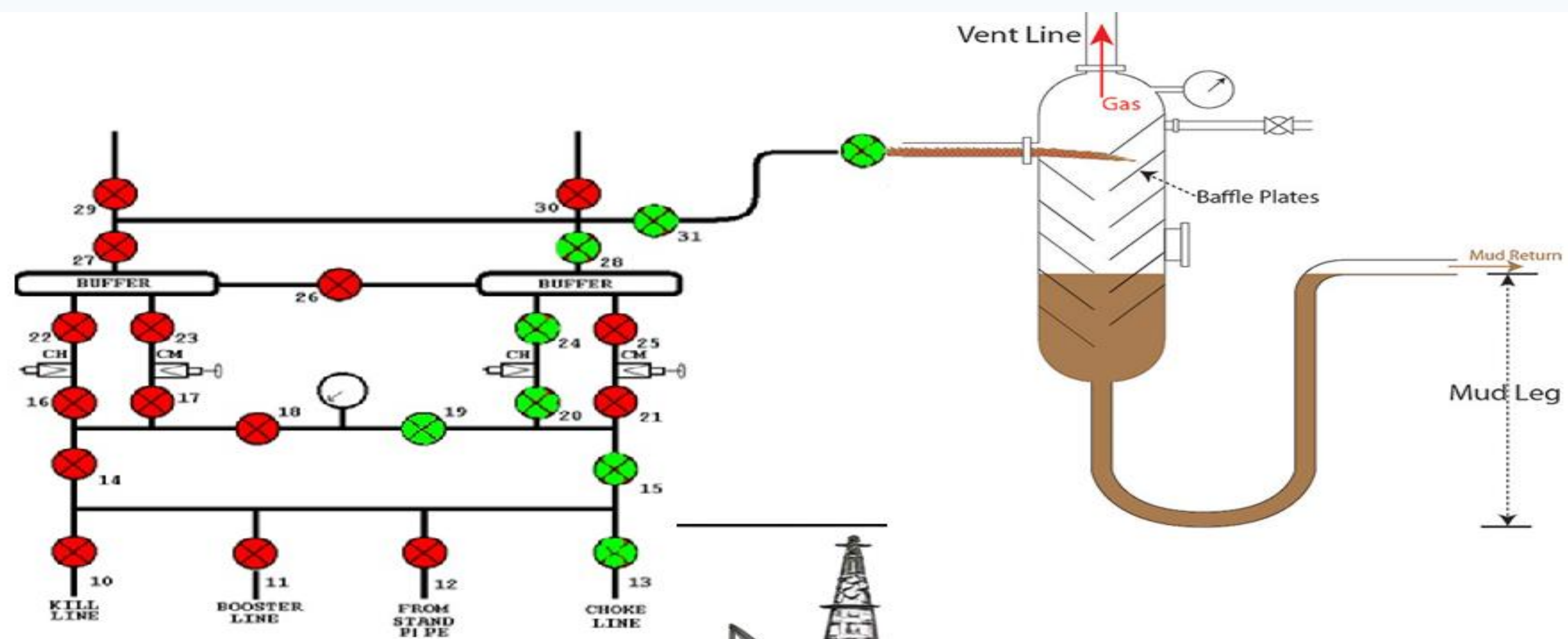
(Choke Hidráulico 100% FECHADO)

- 1º) Tirar a coluna do fundo;
- 2º) Parar a rotação;
- 3º) Desligar as bombas;
- 4º) Fechar o preventor anular;
- 5º) Abrir as válvulas submarinas;
- 6º) Alinhar o retorno do riser para o trip tank, registrar as pressões na superfície e volume ganho.

▪Método SOFT Shut In

(Choke Hidráulico 50% ABERTO)

- 1º) Tirar a coluna do fundo;
- 2º) Parar a rotação;
- 3º) Desligar as bombas;
- 4º) Abrir as válvulas submarinas;
- 5º) Fechar o preventor anular;
- 6º) Fechar 100% o choke hidráulico;
- 7º) Alinhar o retorno do riser para o trip tank e registrar as pressões na superfície e volume ganho.



Métodos de Fechamento de Poço – **EM MANOBRA**

▪Método HARD Shut In

(Choke Hidráulico 100% FECHADO)

1º) Instalar a válvula de segurança de coluna (TIW) aberta;

2º) Fechar a válvula de segurança de coluna (TIW);

3º) Fechar o BOP anular.

4º) Abrir as válvulas submarinas;

5º) Monitorar o trip tank, registrar as pressões na superfície e volume ganho.

▪Método SOFT Shut In

(Choke Hidráulico 50% ABERTO)

1º) Instalar a válvula de segurança de coluna (TIW) aberta;

2º) Fechar a válvula de segurança de coluna (TIW);

3º) Abrir as válvulas submarinas

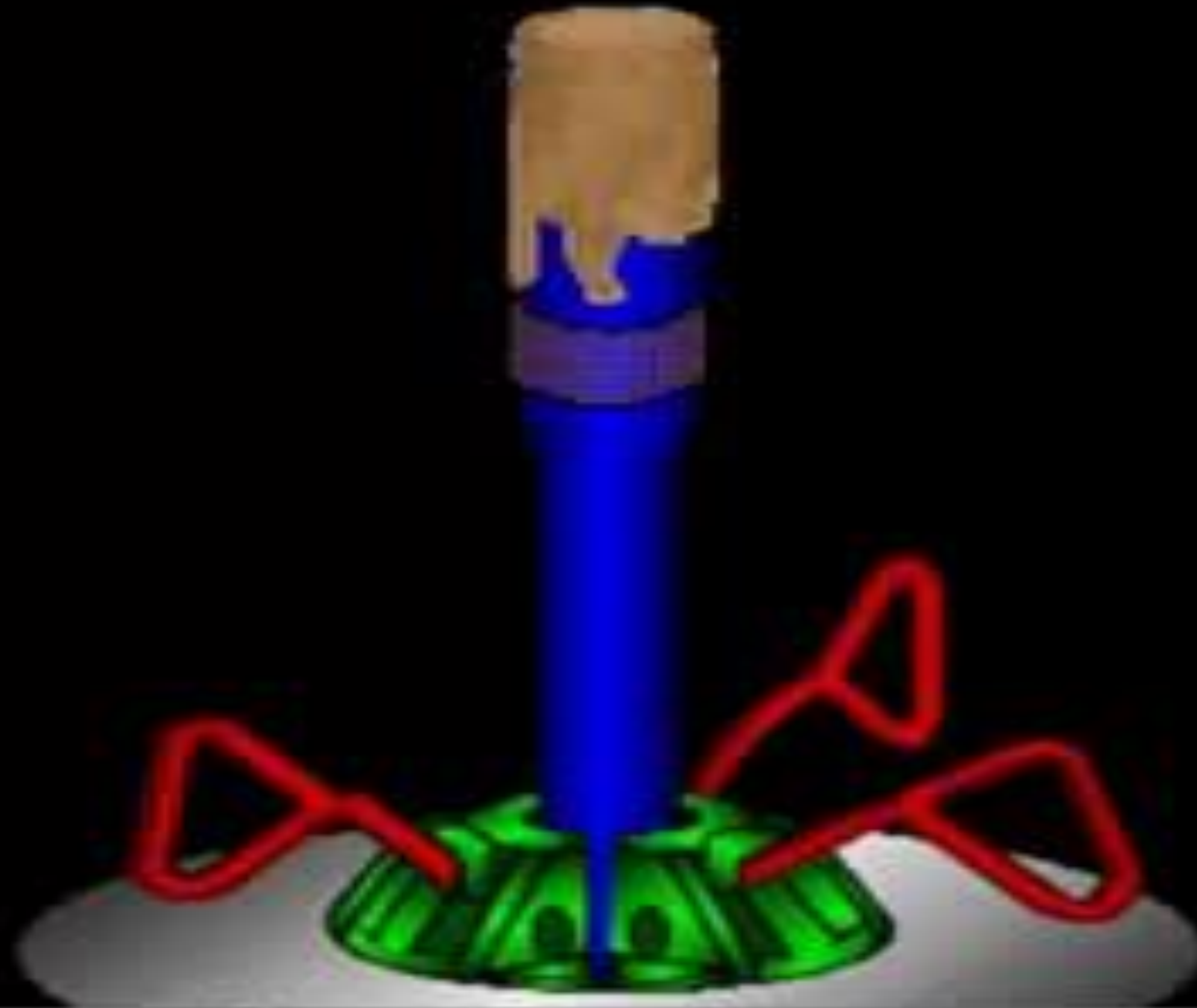
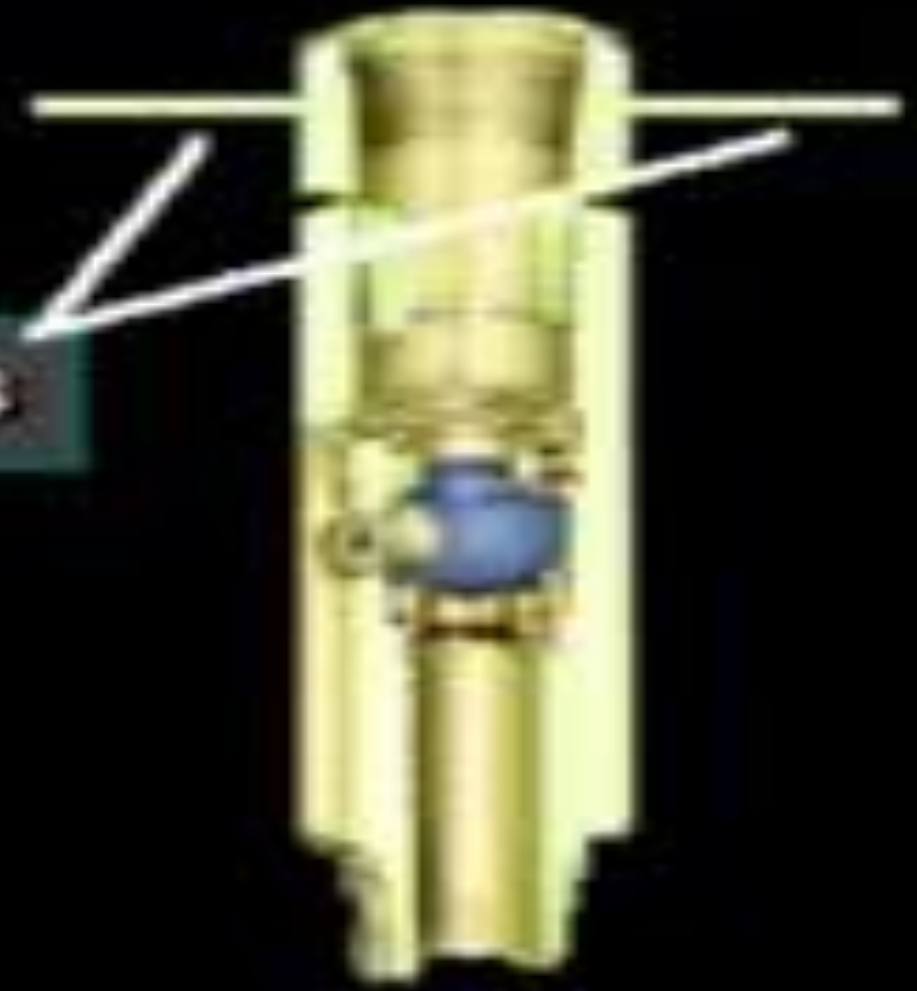
4º) Fechar o BOP anular;

5º) Fechar 100% o choke hidráulico;

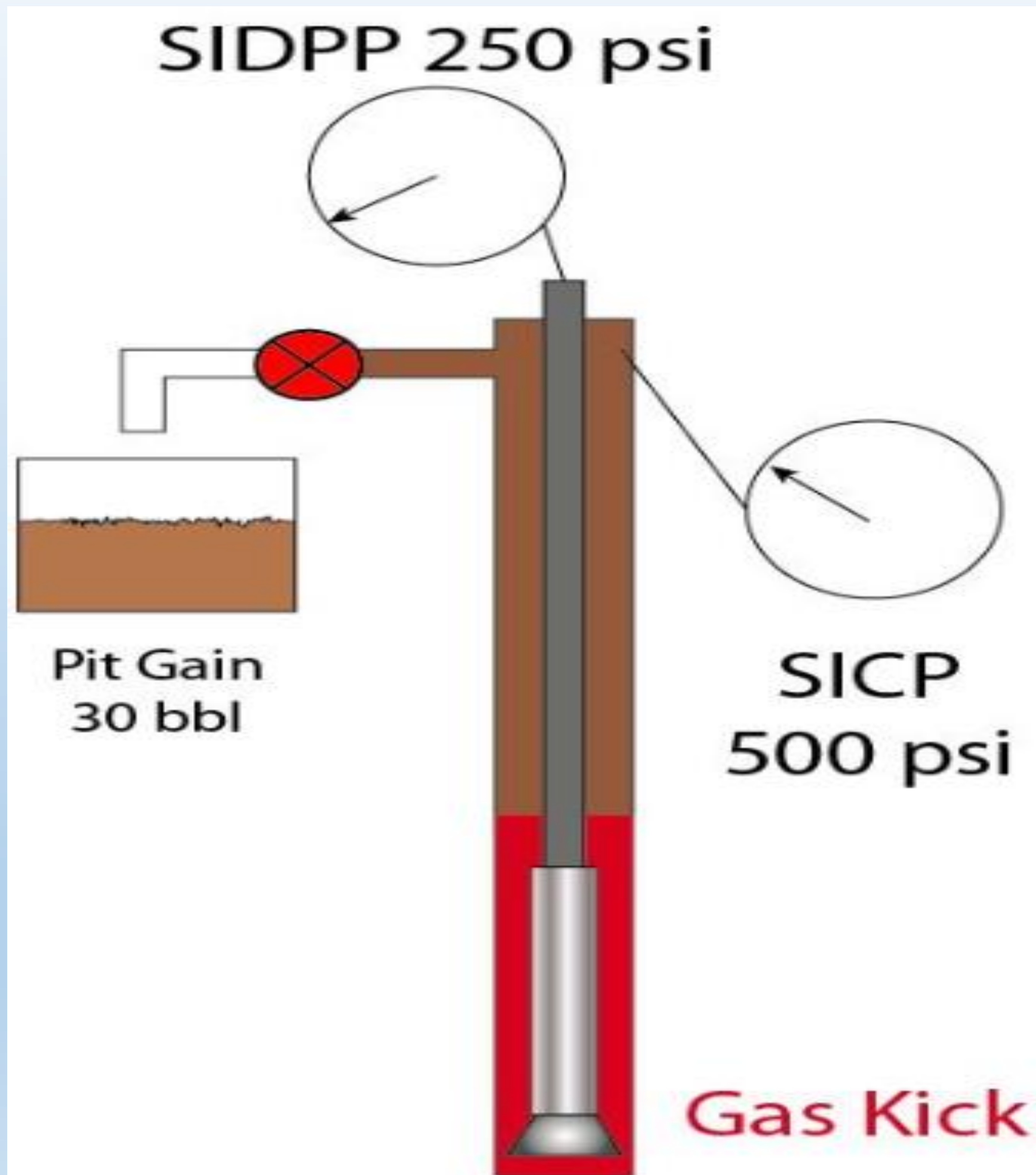
6º) Monitorar o trip tank, registrar as pressões na superfície e volume ganho.

Safety Valve Usage

Lifting Handles



Pressões de Fechamento e Densidade do Fluido para Matar o Poço



Informações do poço:

Pressão hidrostática no espaço anular: 4950 psi

Pressão hidrostática no drill pipe: 5200 psi

TVD = 3052 m

Densidade do fluido de perfuração: 10 lb/gal

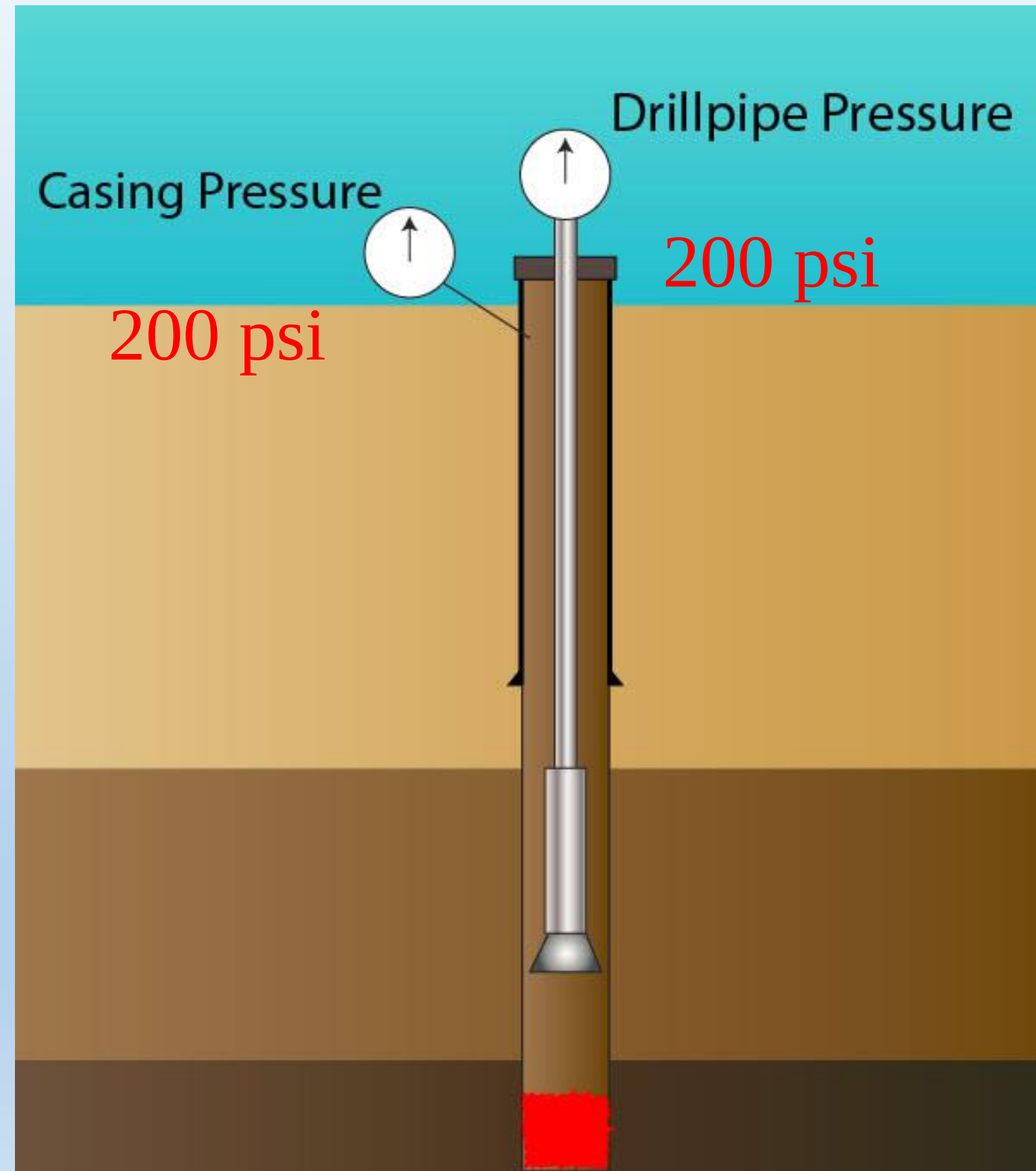
Com as informações acima, calcule:

01 – A pressão de fechamento através do drill pipe.

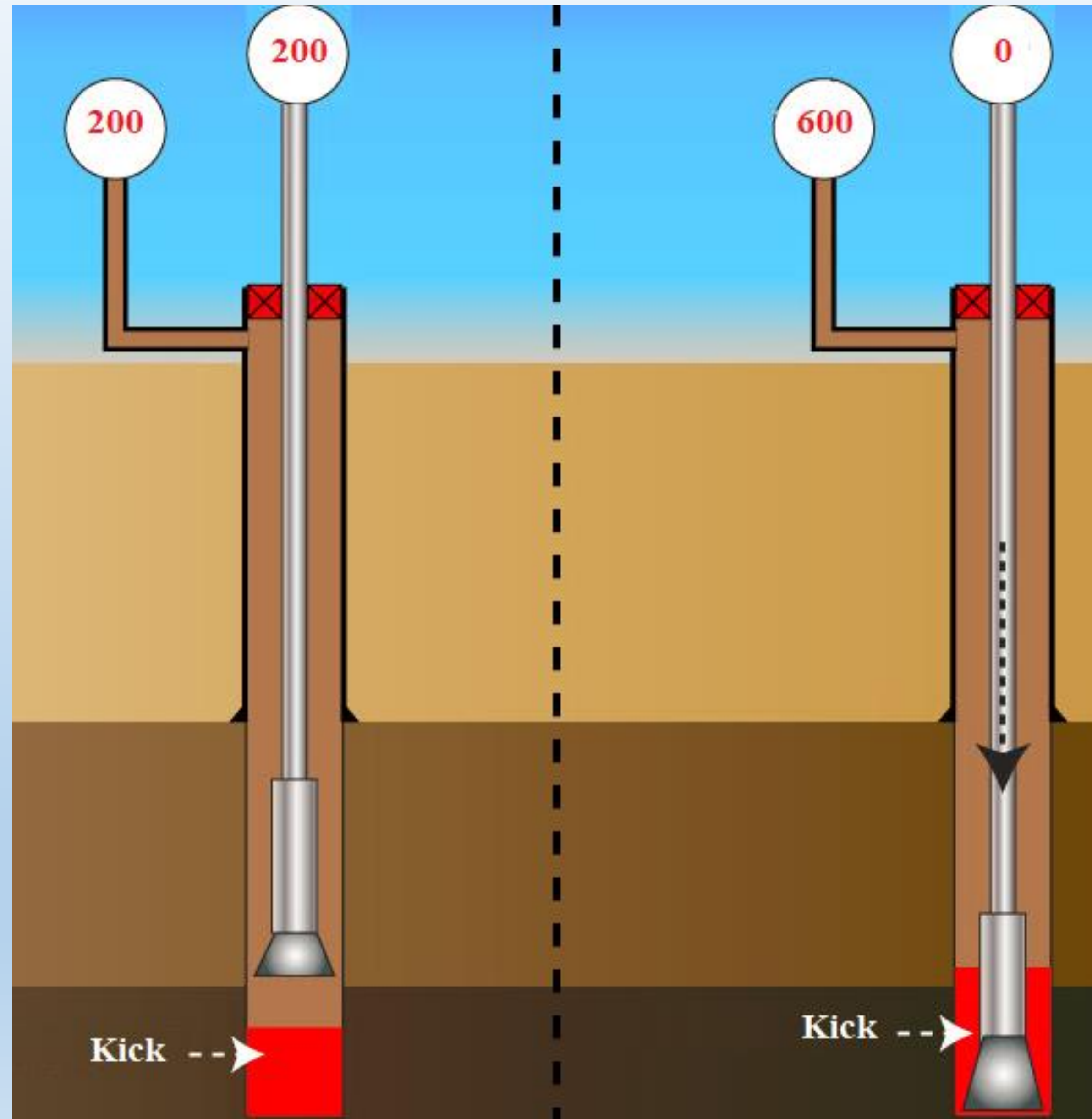
02 - A pressão de fechamento através do casing.

03 – A densidade do fluido de matar?

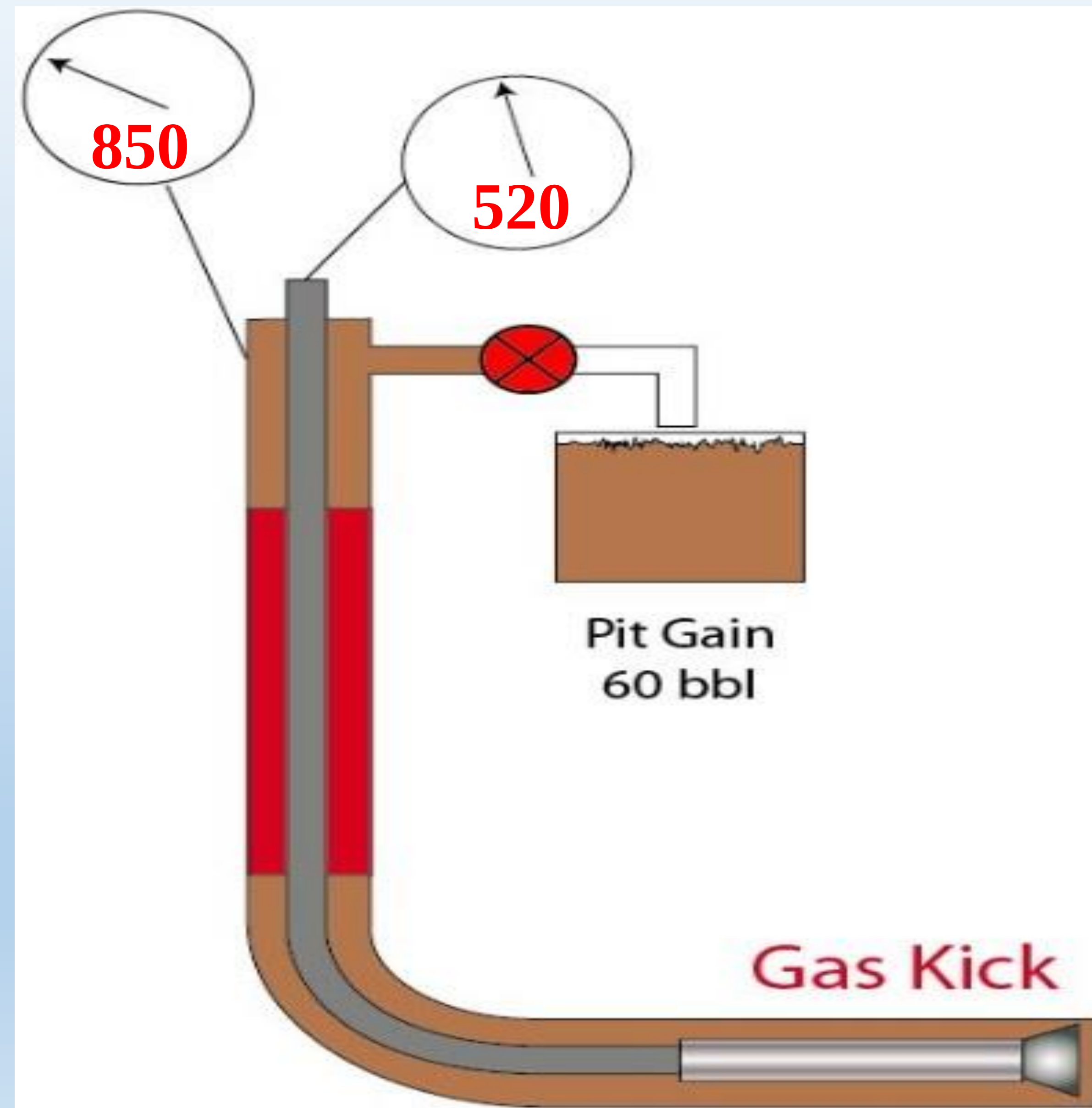
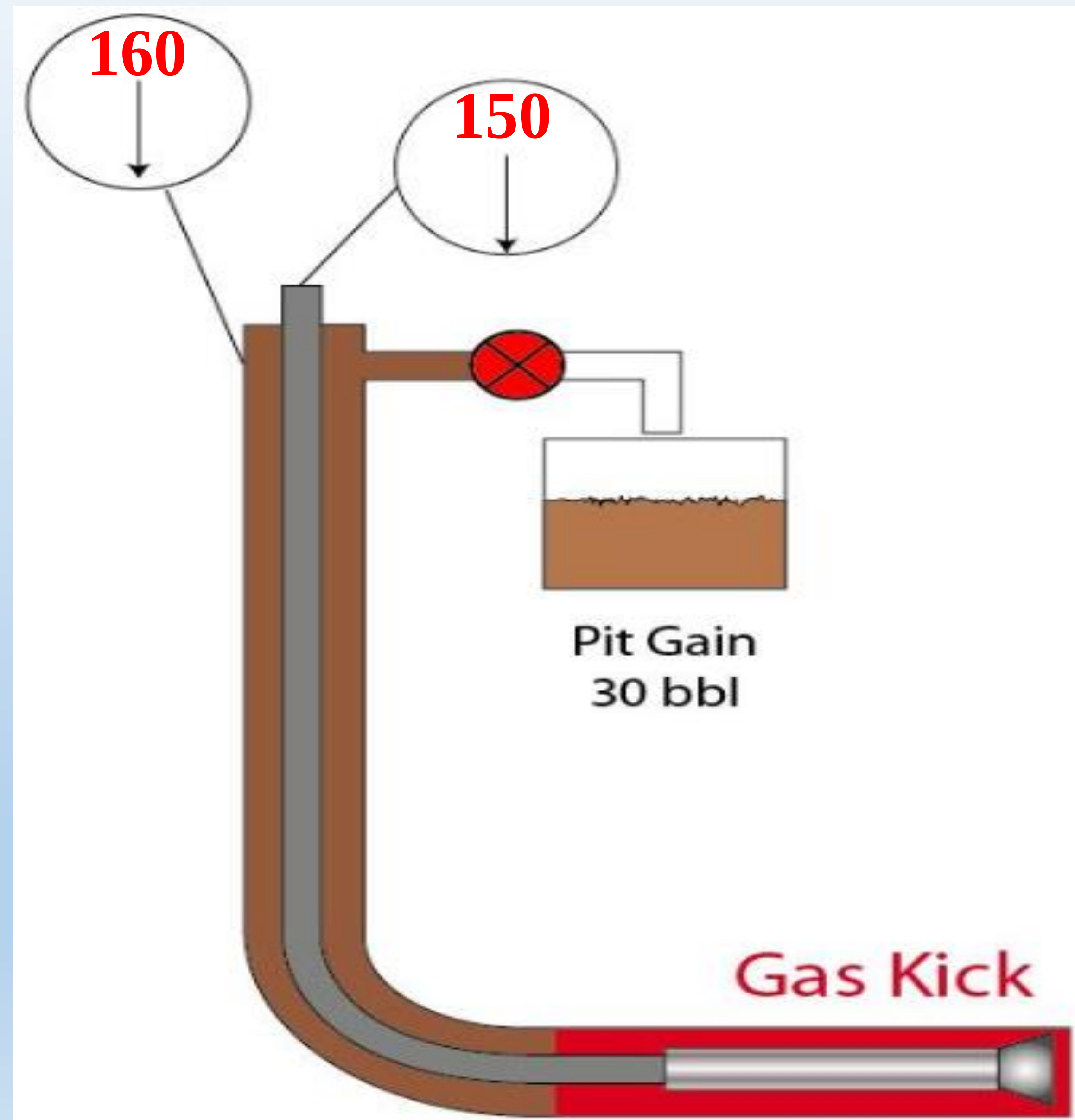
Kick Abaixo da Broca



Voltando com a coluna para o fundo do poço



Kick em Poços Horizontais



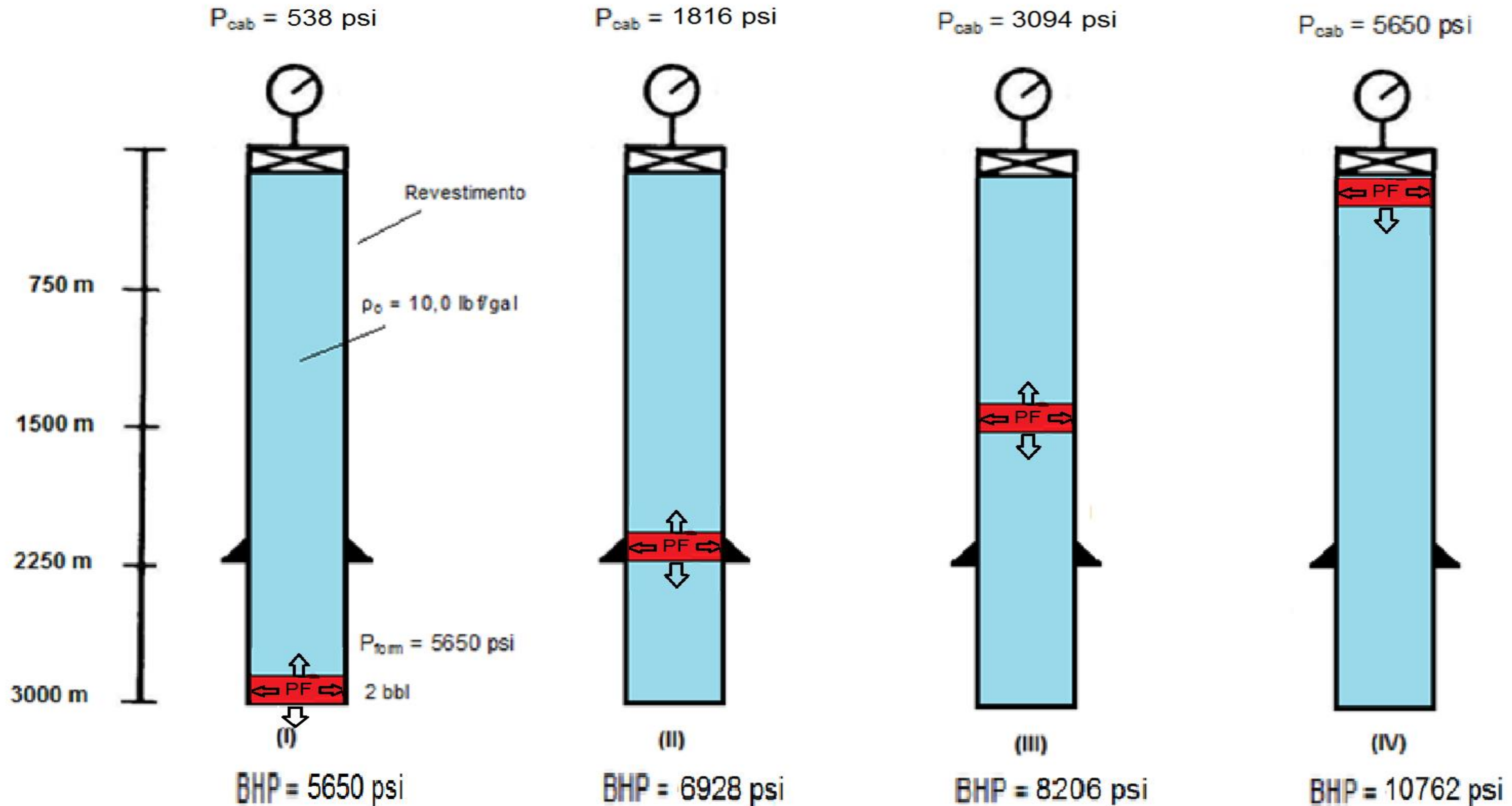
Migração do Gás

Migração de Gás: é o movimento sem controle de gás poço acima devido à sua baixa densidade.

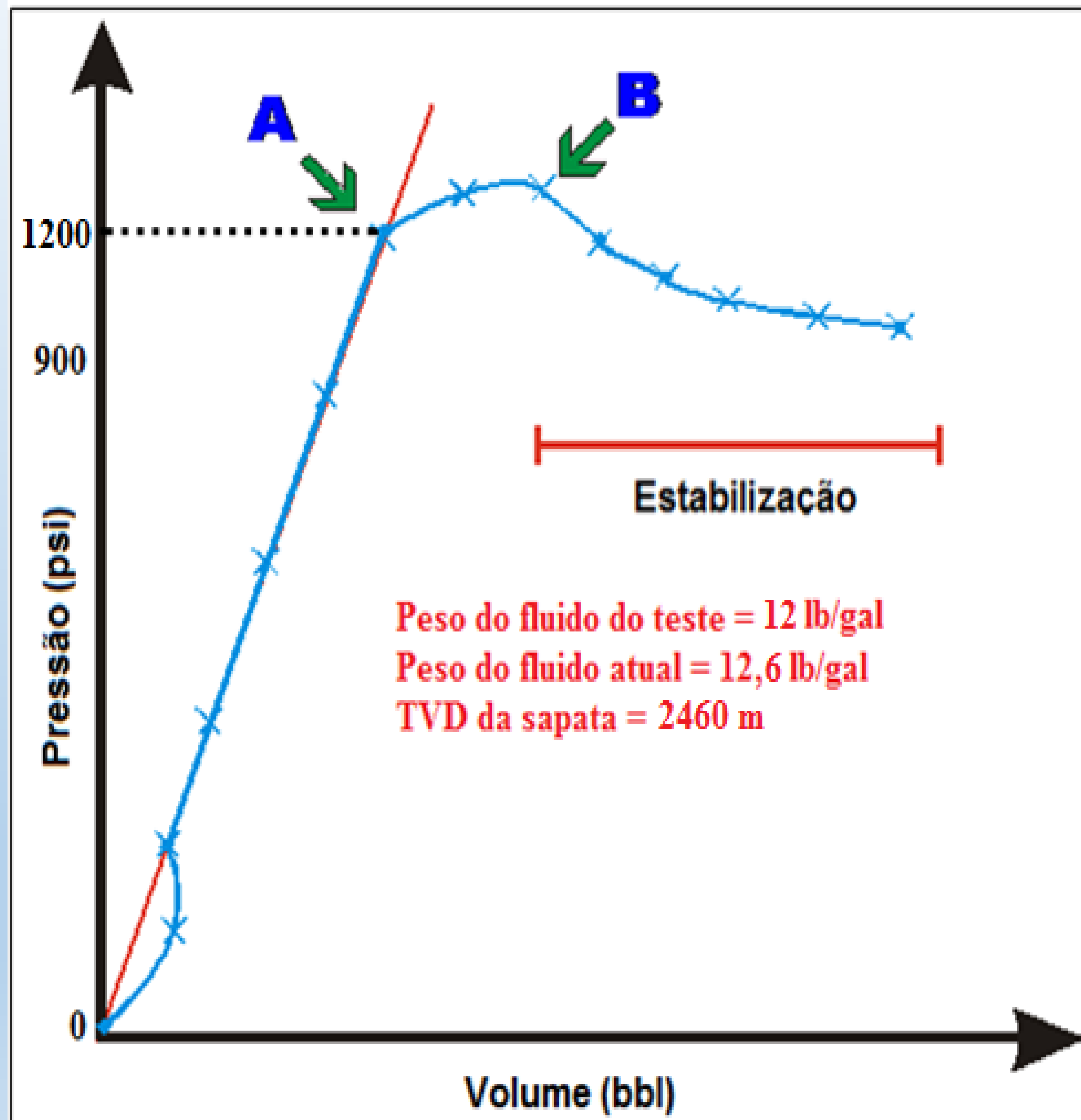
✓ **Mantendo o Poço Aberto:** o gás migra e expande o seu volume devido a redução da pressão hidrostática sobre a bolha, e com isso ela gera uma redução na BHP (Pressão no fundo do poço) podendo gerar um kick.

✓ **Mantendo o Poço Fechado:** a bolha do gás migra com volume constante e pressão constante, e com isso a pressão no fundo do poço, SIDPP e SICP aumentam, correndo o risco de fraturar a formação na sapata.

Migração do Gás



Leak Off Test (LOT) e Formation Integrity Test (FIT)



Calcule:

01 - A pressão de fratura na sapata.

02 - Máxima massa específica de fluido de perfuração permitida antes do kick (massa específica equivalente de fratura).

03 - Máxima pressão permissível no choke antes do kick (pressão máxima estática de fratura ou MAASP).

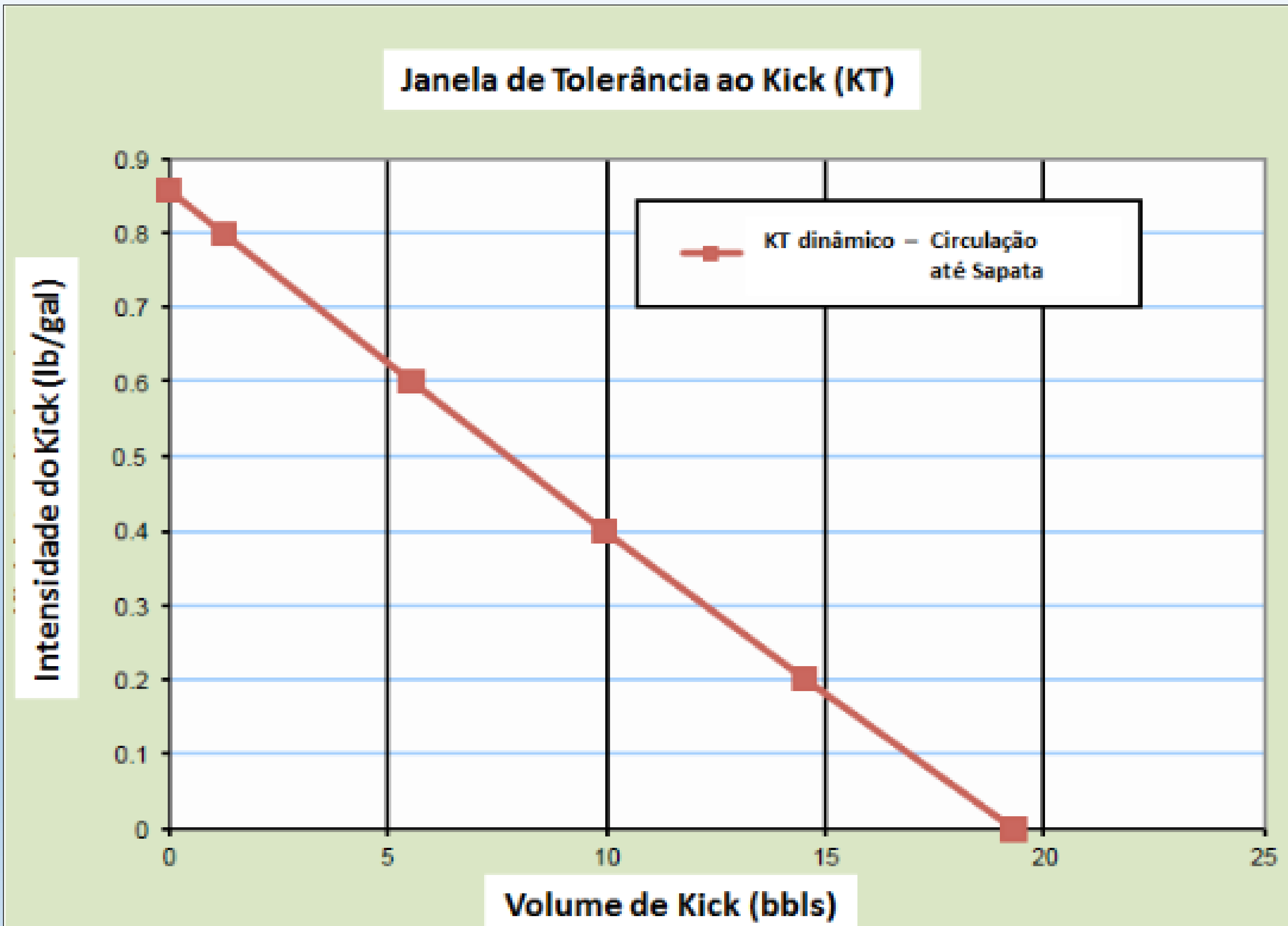
Leak off Test

Gradiente de fratura da formação é 2,795 psi/m. Qual é o peso de lama equivalente do teste de absorção (LOT)?

- a) 14,7 lb/gal.
- b) 17,0 lb/gal.
- c) 16,4 lb/gal.
- d) 16,5 lb/gal.

Resposta Correta Letra (C)

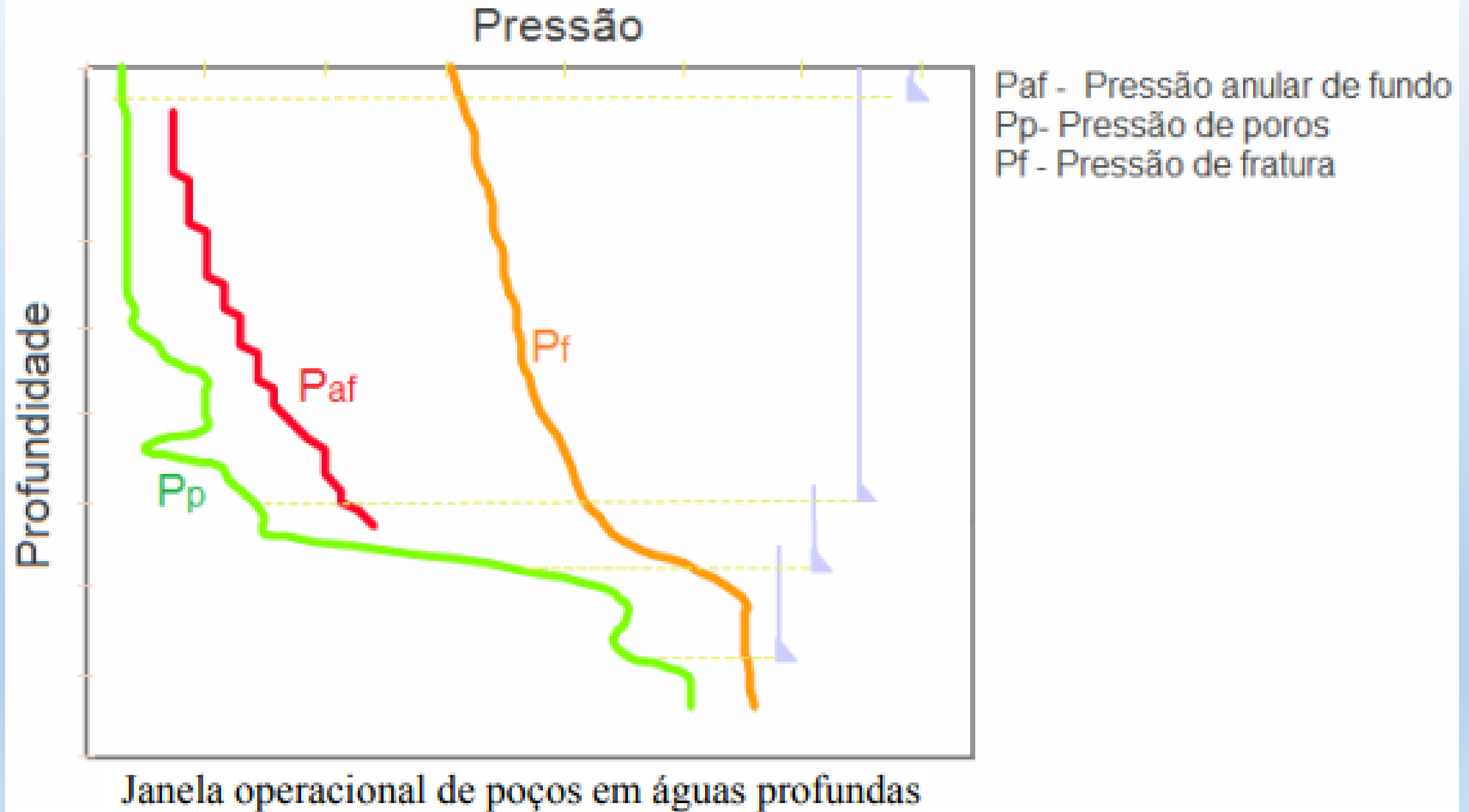
Tolerância de Kick



- **Tolerância de kick:** é o volume máximo de kick que pode ser tomado e circulado para fora do poço sem fraturar a sapata.

- **Observação:** Se a intensidade de kick aumenta o volume máximo de kick diminui.

Janela Operacional



Pressão Reduzida de Circulação (PRC)

O que é PRC?

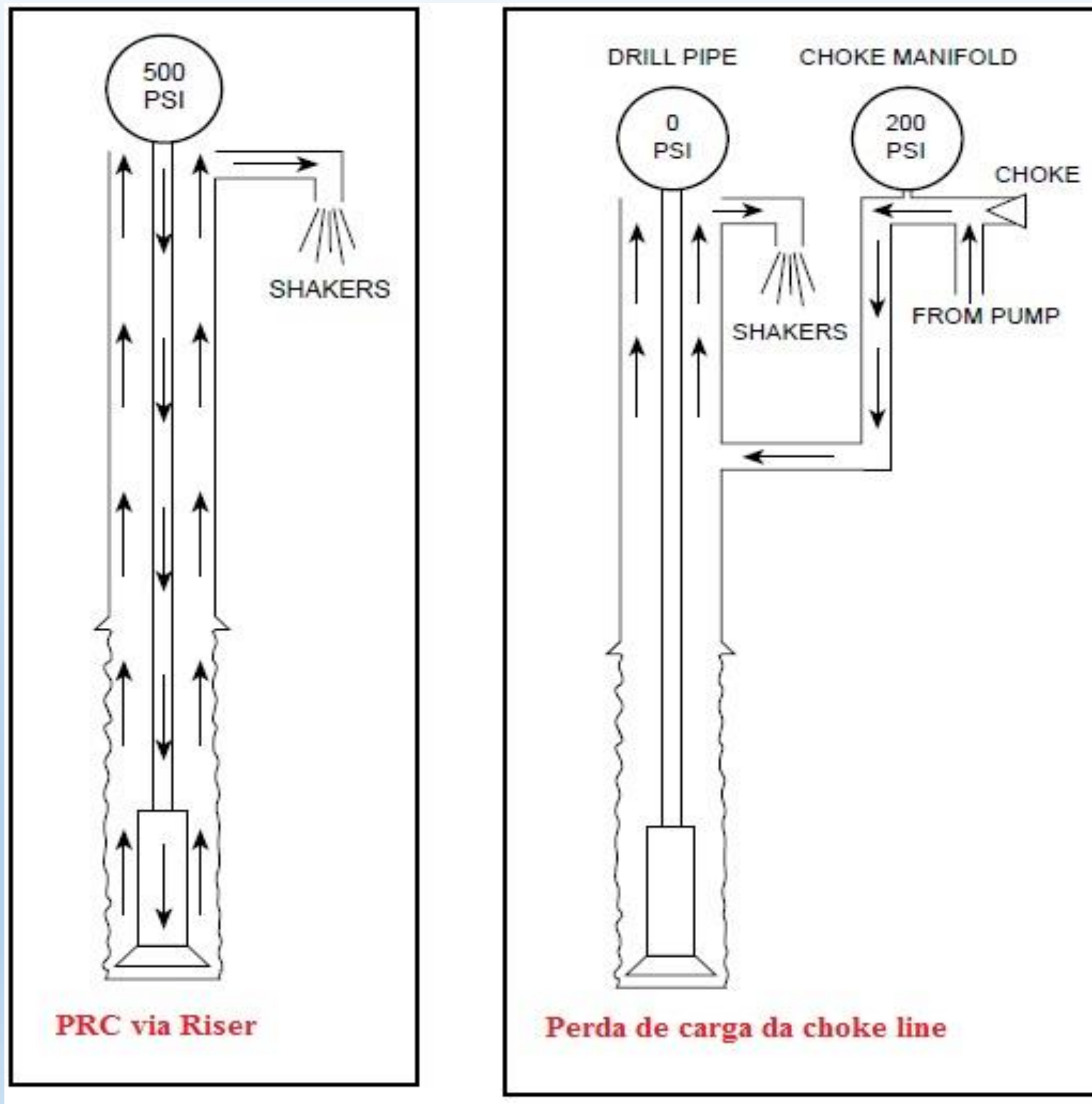
É a pressão registrada quando o sondador bombeia fluido pela coluna retornando pelo espaço anular numa vazão reduzida.

Quando a PRC deve ser registrada?

Sempre durante a perfuração. Após a troca de fluido, a cada 150 metros perfurados, após mexer na capacidade de deslocamento da bomba, após trocar o BHA. Se nada disso acontecer, a cada 12 horas.

O que pode causar um registro impreciso da PRC?

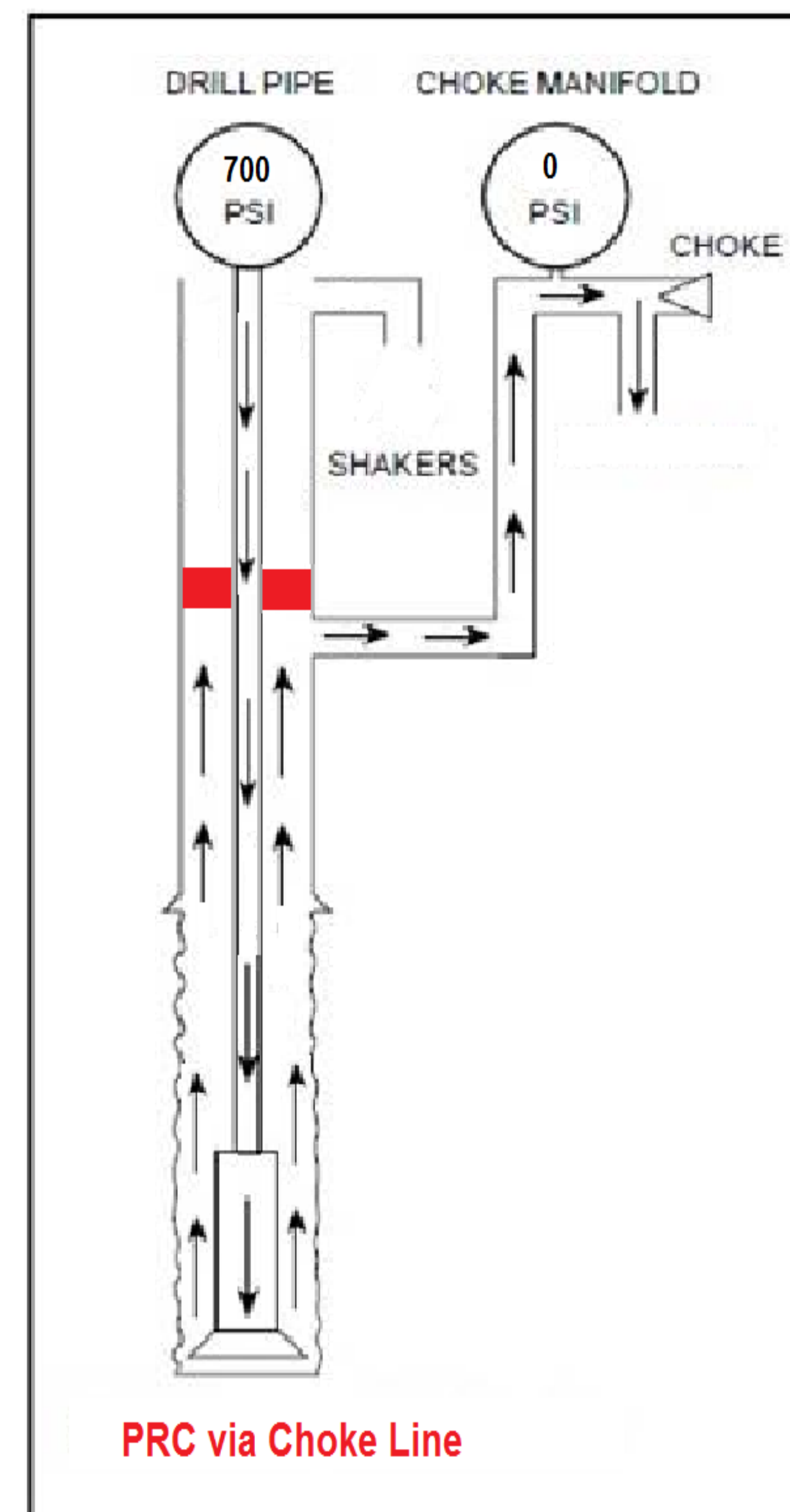
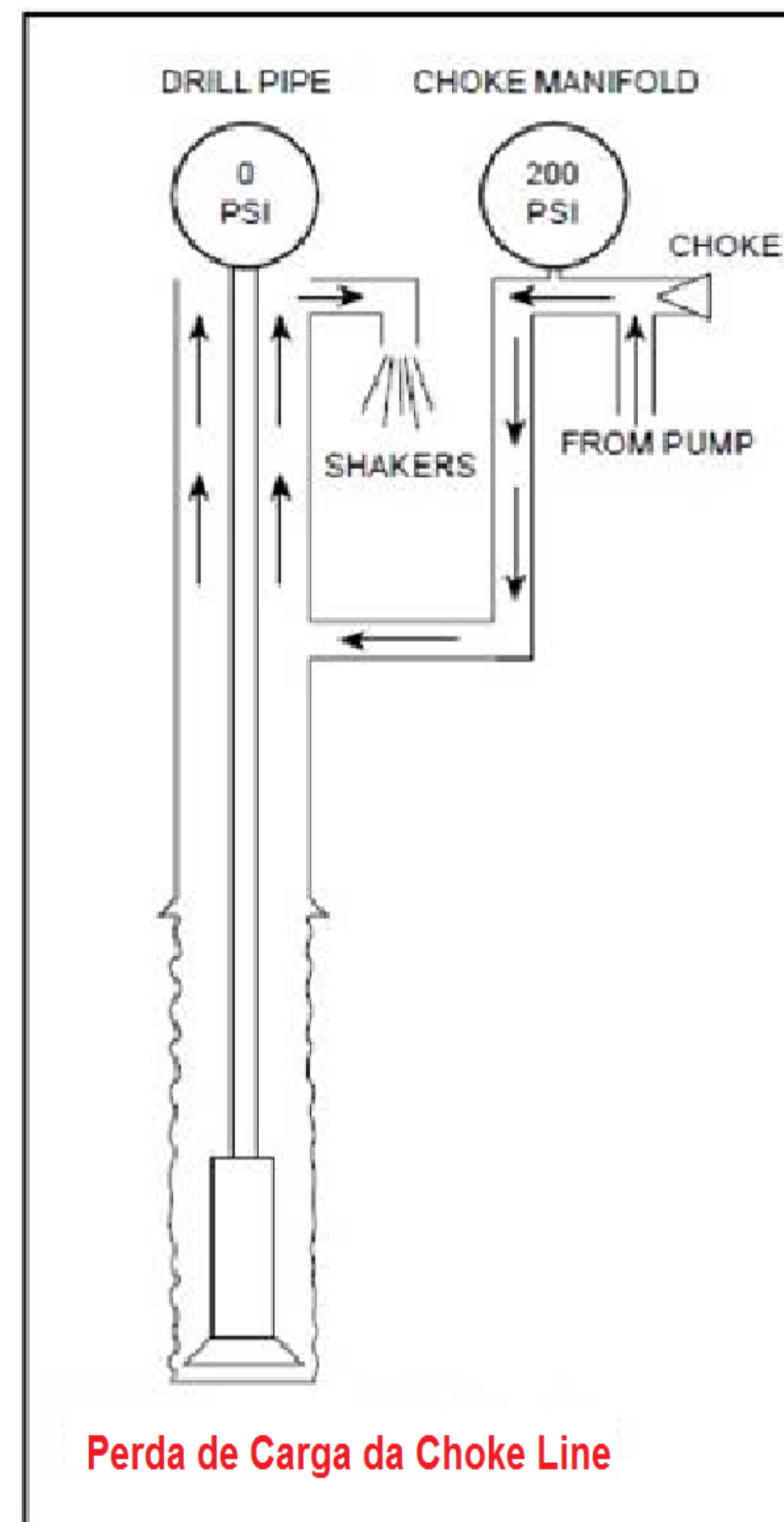
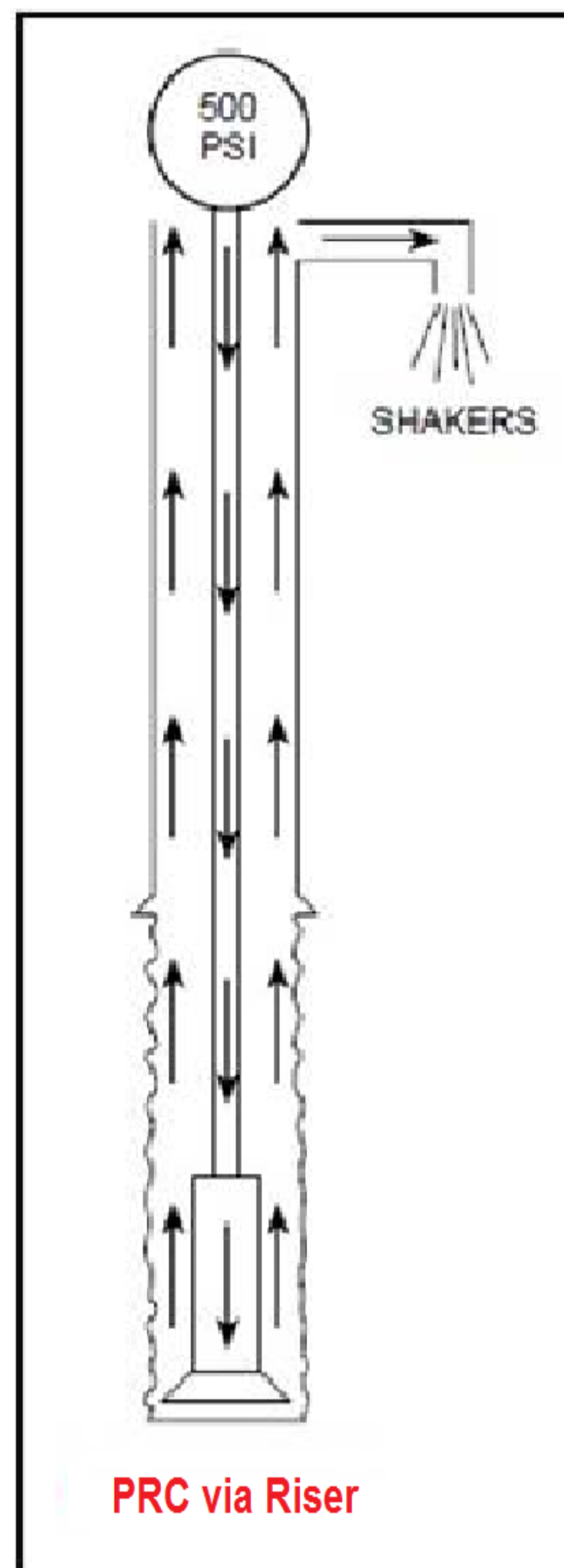
Manômetro defeituoso, bomba com vazamento, fluido com alta força gel...



Pressão Reduzida de Circulação (PRC)

Perdas de Carga:

- Eq. de Superfície: $\Delta P_{\text{sup}} = 60$ psi
- Interior da Coluna: $\Delta P_{\text{col}} = 120$ psi
- Jatos da Broca: $\Delta P_{\text{broca}} = 160$ psi
- Poço Aberto: $\Delta P_{\text{OH}} = 90$ psi
- Poço Revestido: $\Delta P_{\text{casing}} = 70$ psi
- Riser: $\Delta P_{\text{riser}} = 0$ psi
- Choke Line: $\Delta P_{\text{CLF}} = 200$ psi



Nova Pressão de Bombeio

A pressão de bombeio é registrada em 800psi com 22 SPM. Qual será a pressão aproximada com 26 SPM?

- a) 1117 psi.
- b) 945 psi.
- c) 882 psi.
- d) 1000 psi.

Resposta Correta Letra (A)

Densidade Equivalente de Circulação (ECD)

Calcule a massa específica equivalente de circulação (ECD).

Profundidade vertical (TVD) = 2042 m

Profundidade medida (MD) = 2286 m

Massa específica do fluido de perfuração = 9,4 lb/gal

Perda de carga no espaço anular = 210 psi

a) 9,9 lb/gal

b) 9,4 lb/gal

c) 10 lb/gal

d) 10,4 lb/gal

Resposta Correta Letra (C)

Métodos de Controle de Poço:

- ✓ Método do Sondador
- ✓ Método do Engenheiro
- ✓ Método Volumétrico/ (Lubricate and Bleed) Top Kill
- ✓ Método Bullhead



Métodos de Controle de Poço

SONDADOR:

Método de 2 circulações

1ª Circulação: Tem como objetivo principal **limpar** o poço (retirar o kick) utilizando a **lama antiga** de trabalho.

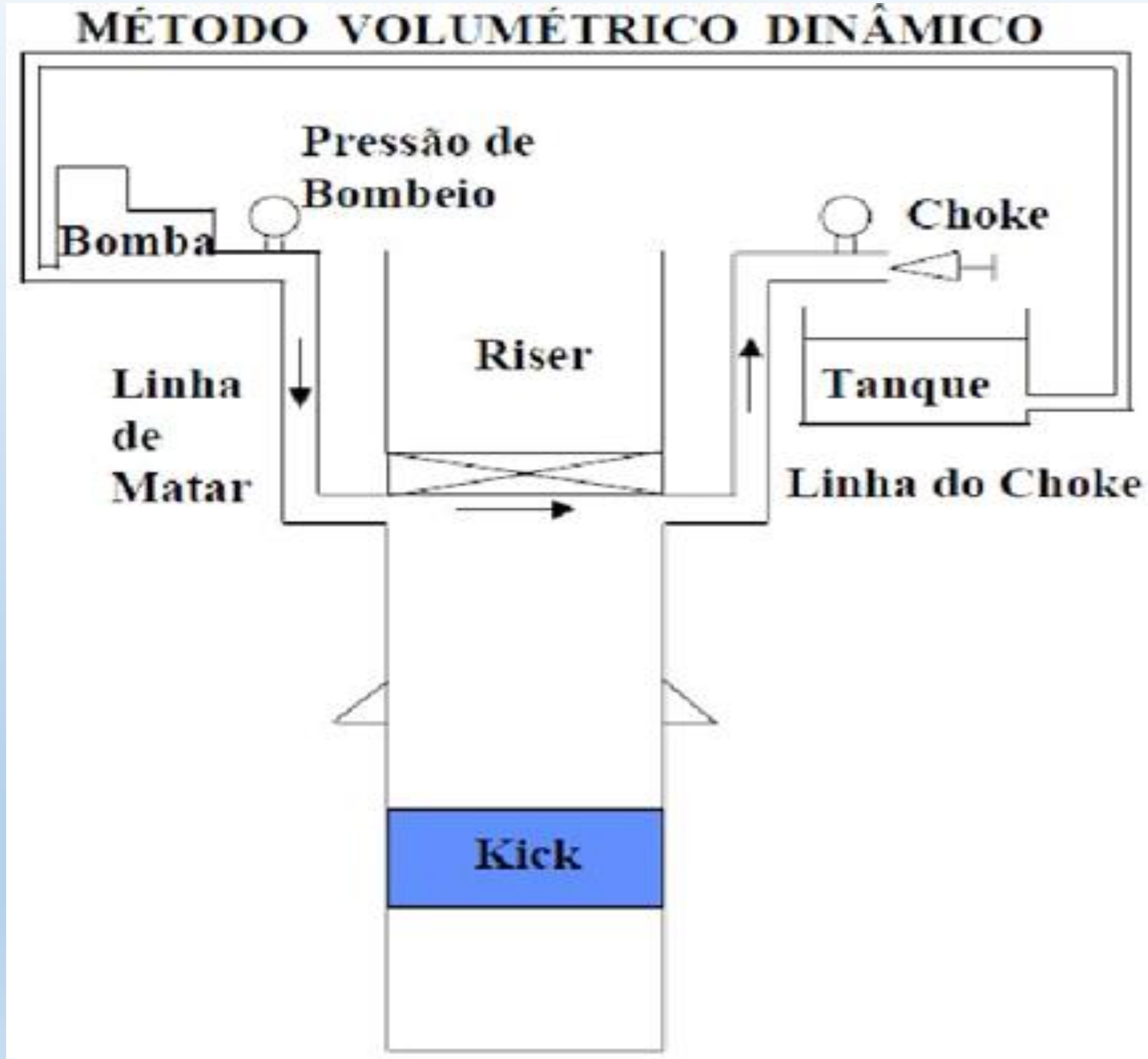
2ª Circulação: Tem como objetivo principal trocar a lama antiga pela lama nova mais pesada (**lama de matar**).

ENGENHEIRO:

Método de 1 circulação

A lama de matar é injetada com o objetivo de **limpar e amortecer** o poço **ao mesmo tempo**.

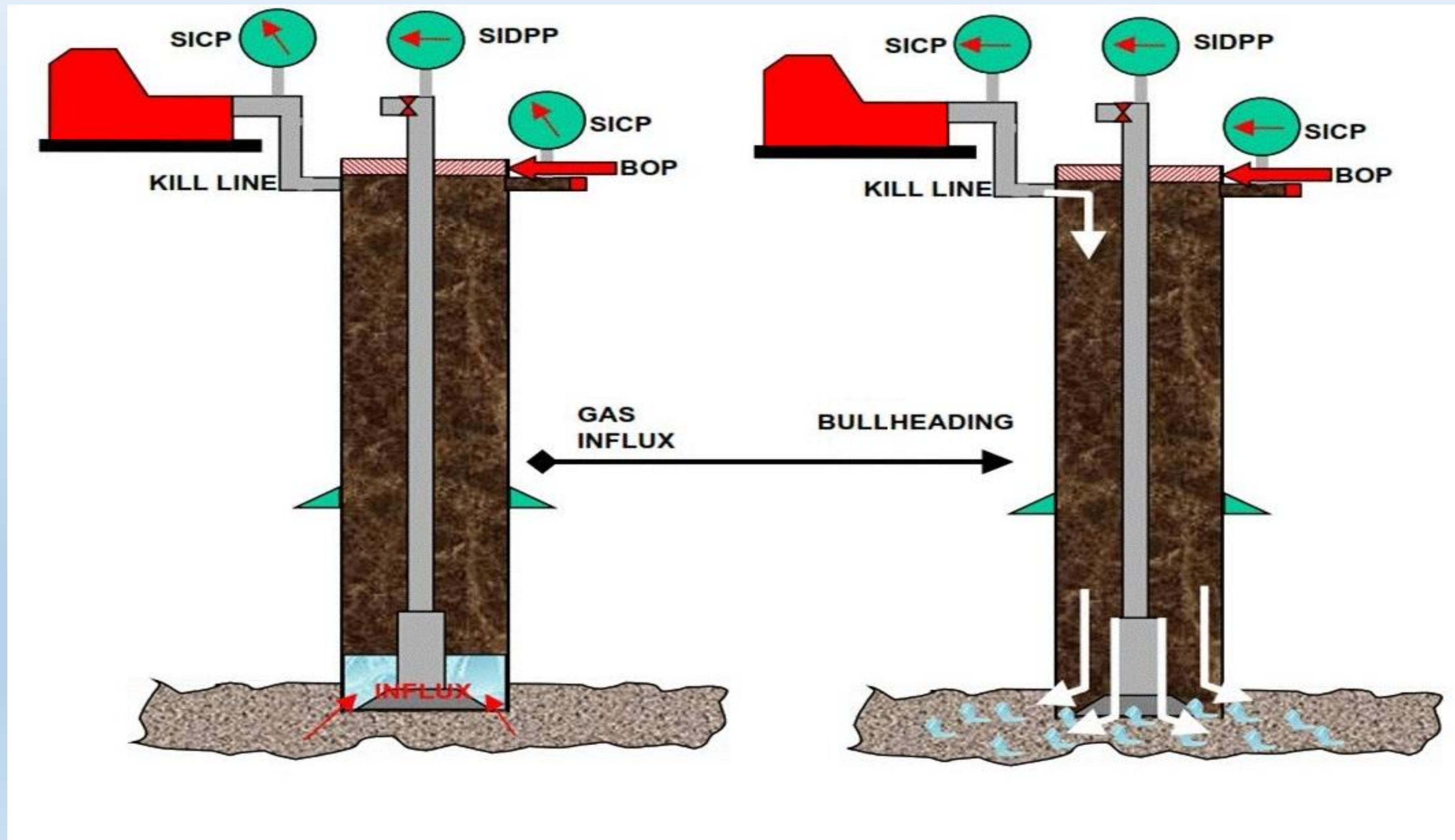
Método Volumétrico



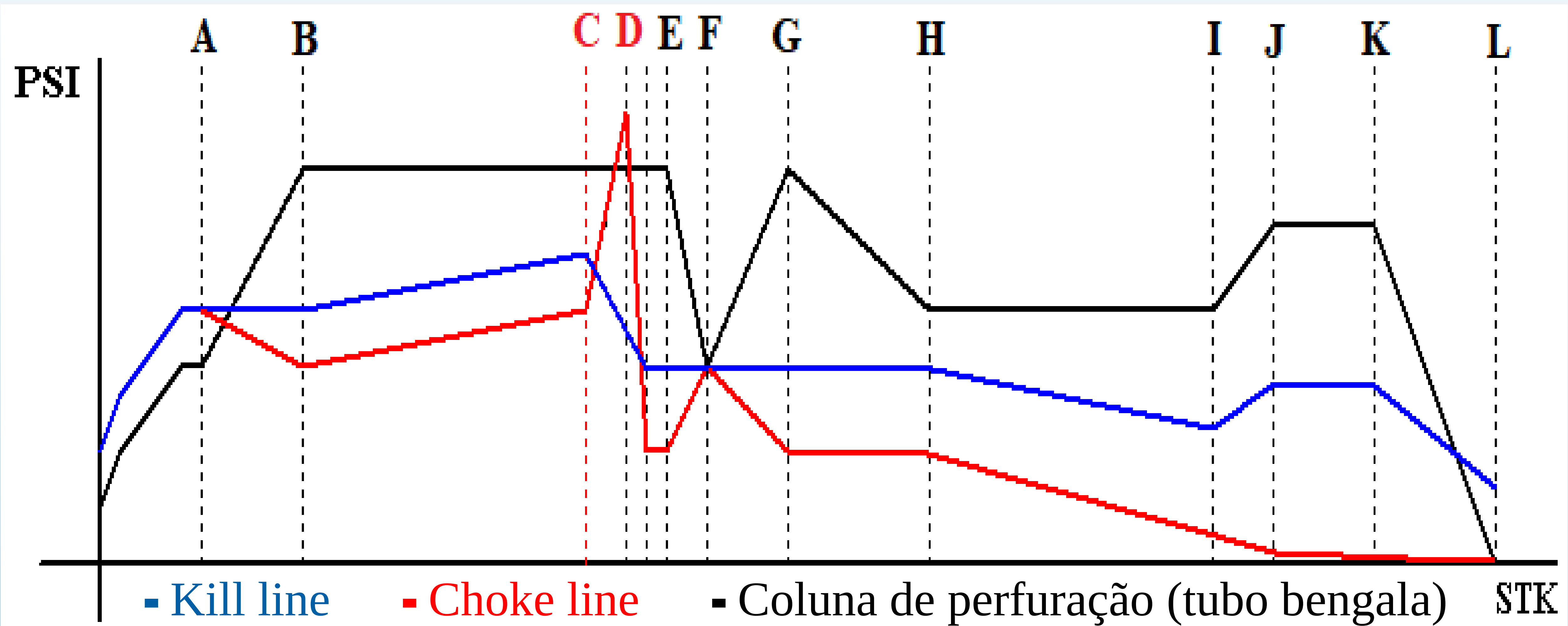
O objetivo do método volumétrico é manter a pressão no fundo do poço constante enquanto o gás migra para a superfície.

Método Bullhead

Esse método consiste em bombear fluido num poço fechado com o objetivo de devolver o kick para a formação.

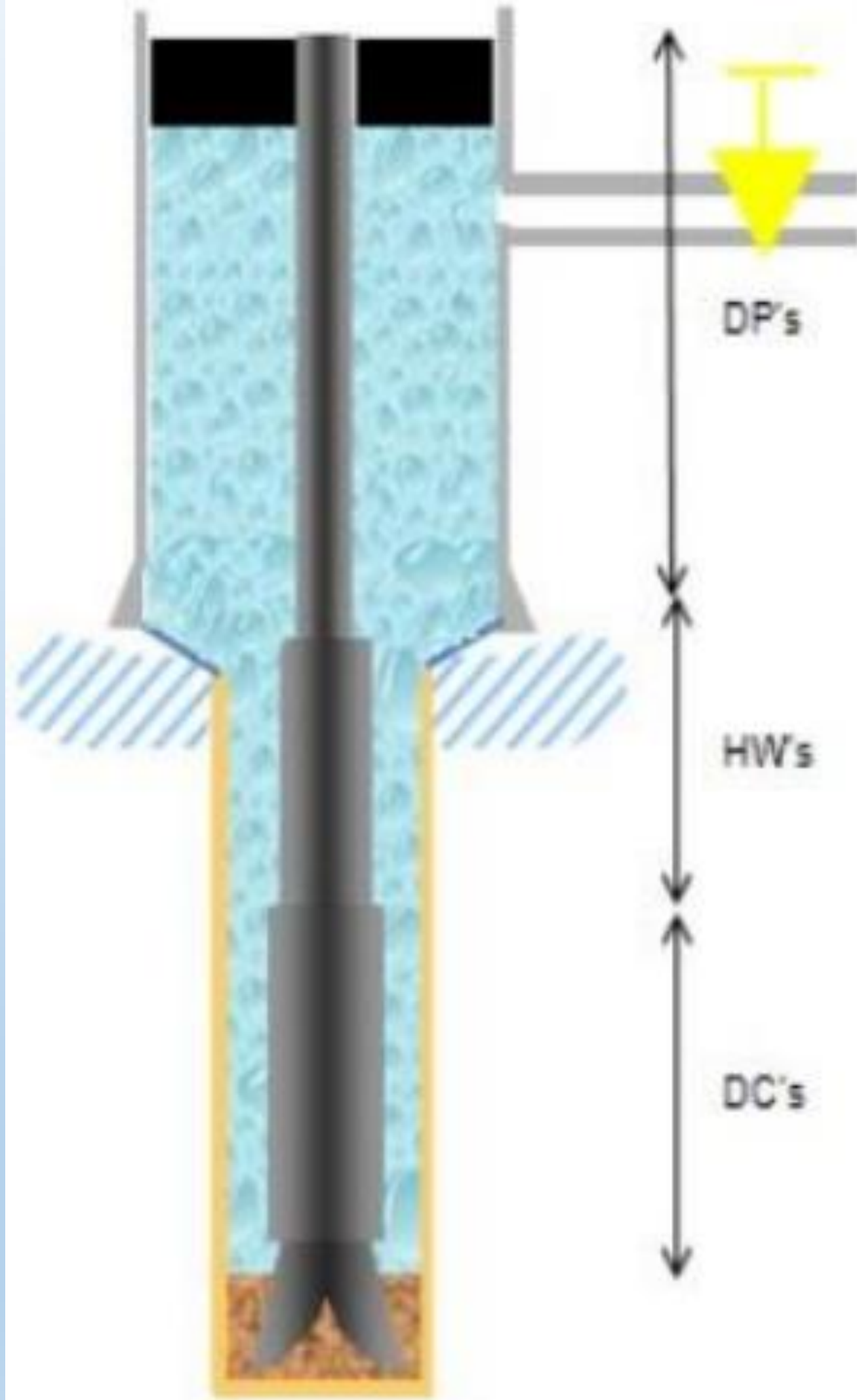


Método do Sondador

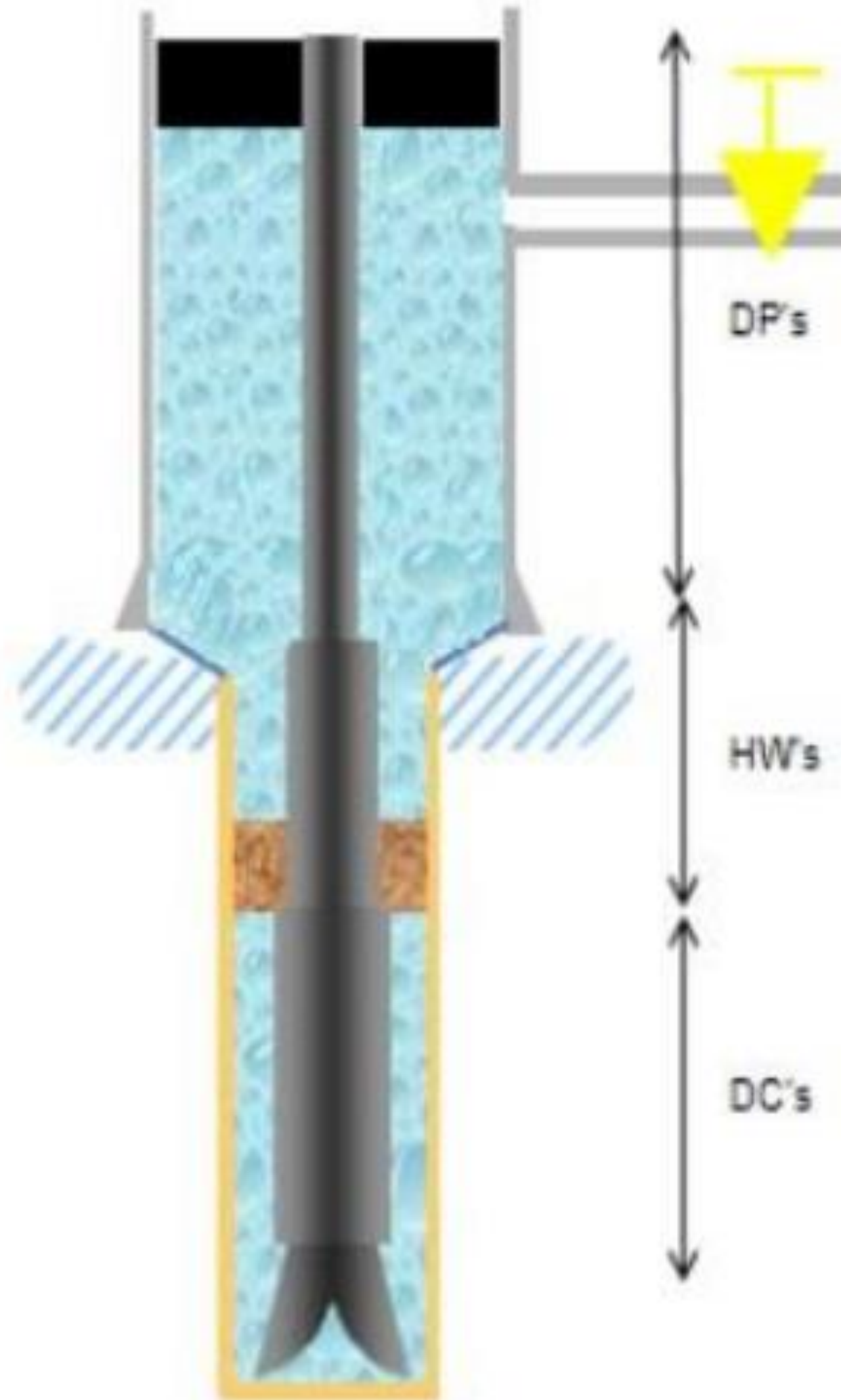


1ª Circulação

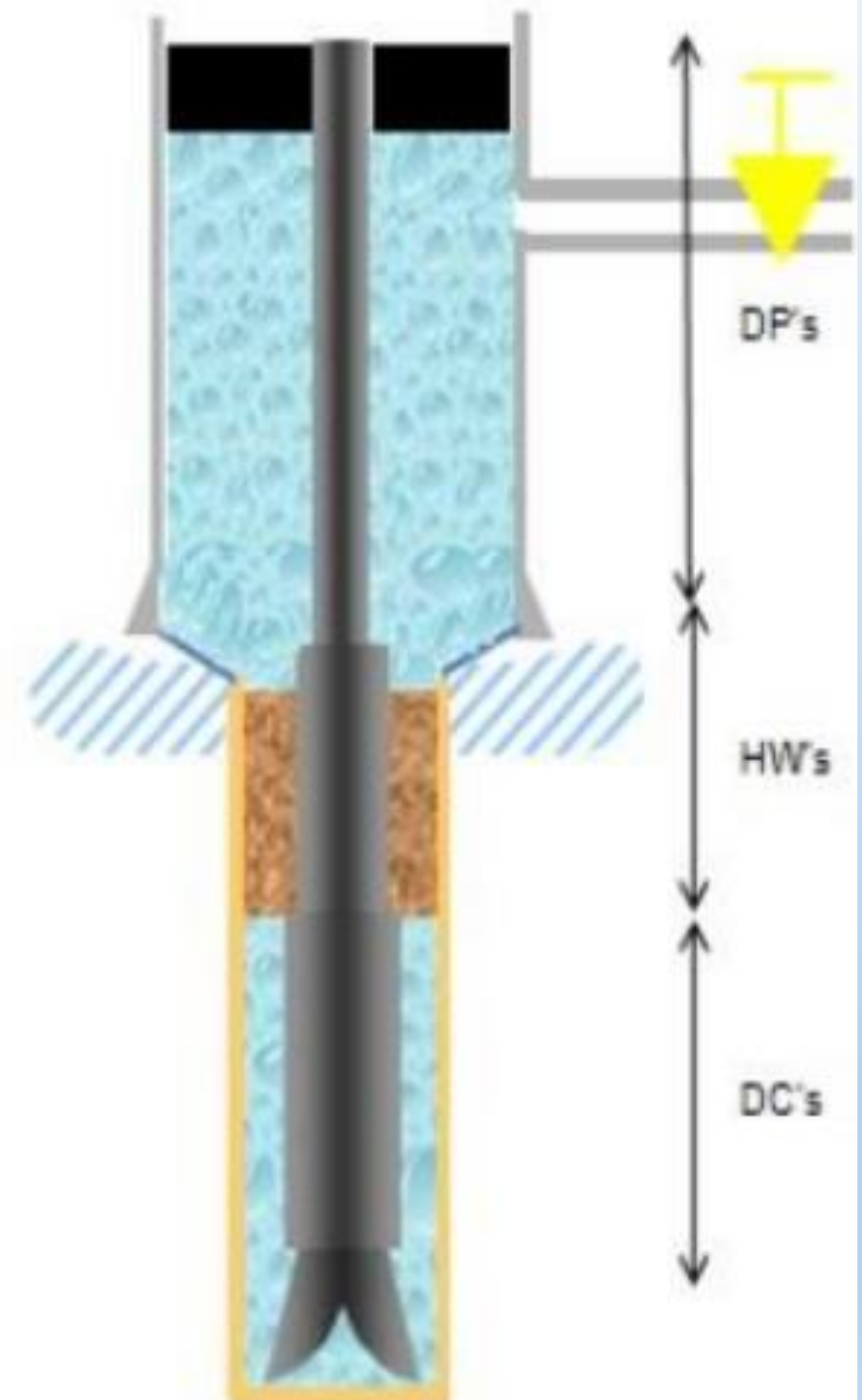
Primeira circulação - Expulsão do *kick*



Poço entra em *Kick*

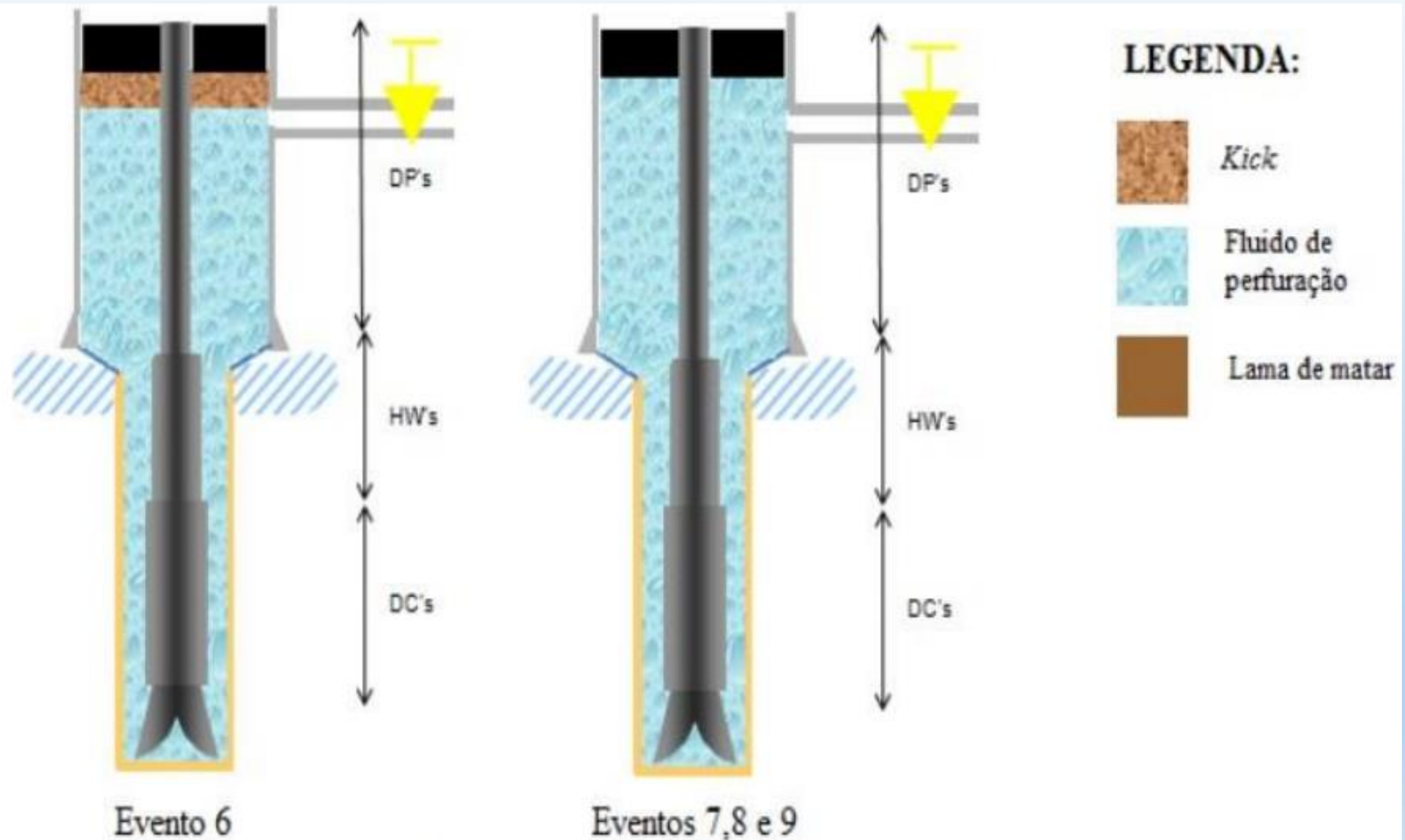


Eventos 2 e 3

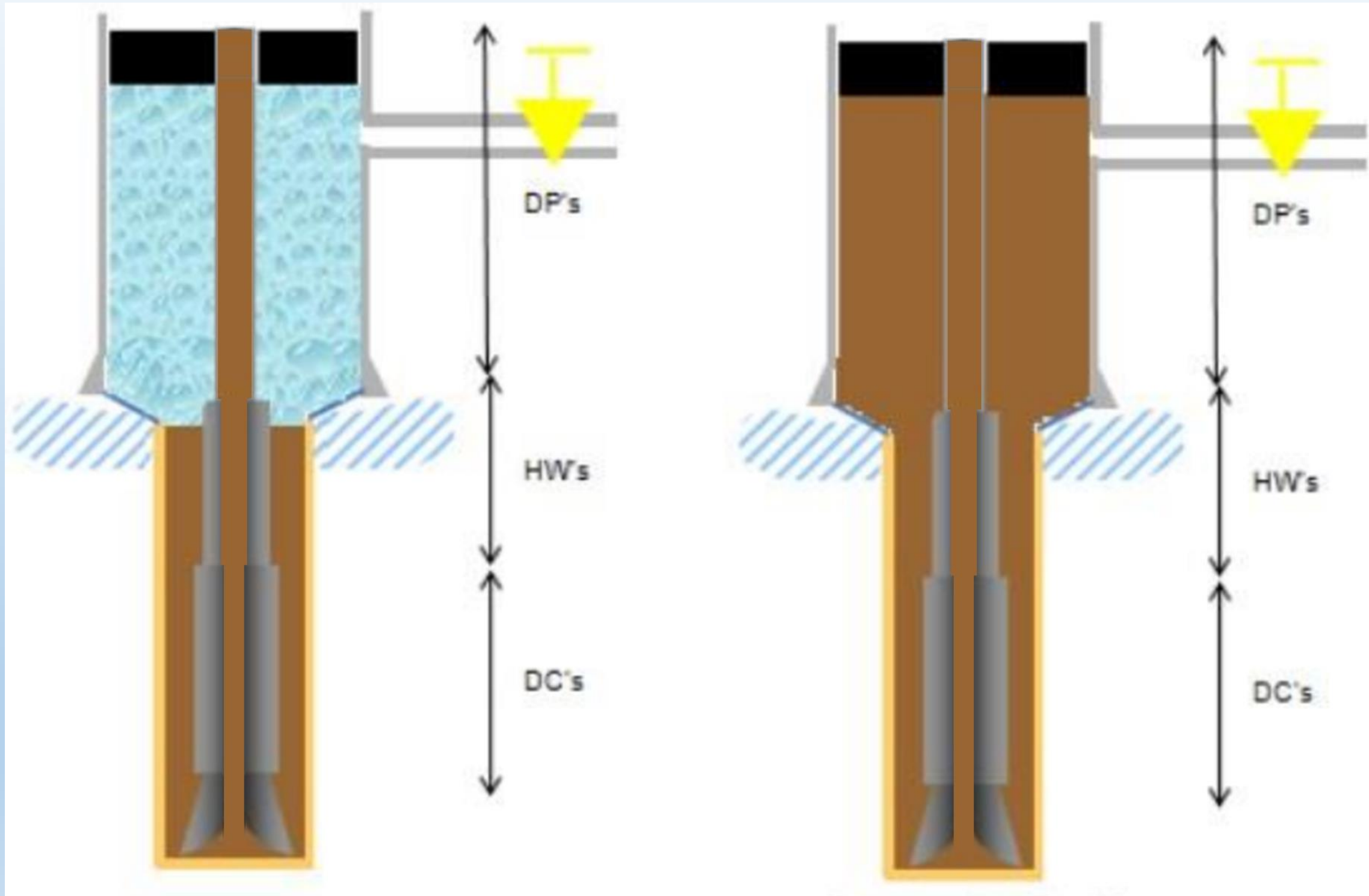


Evento 4

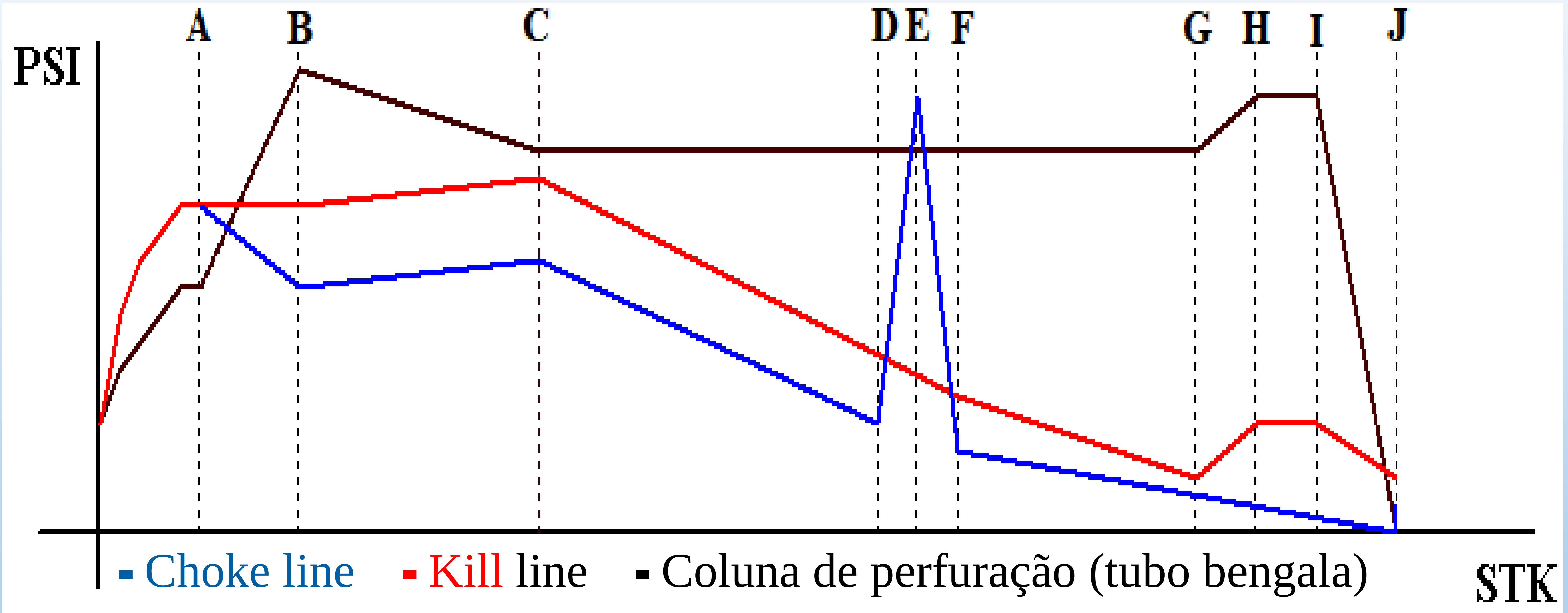
Continuação da 1ª Circulação



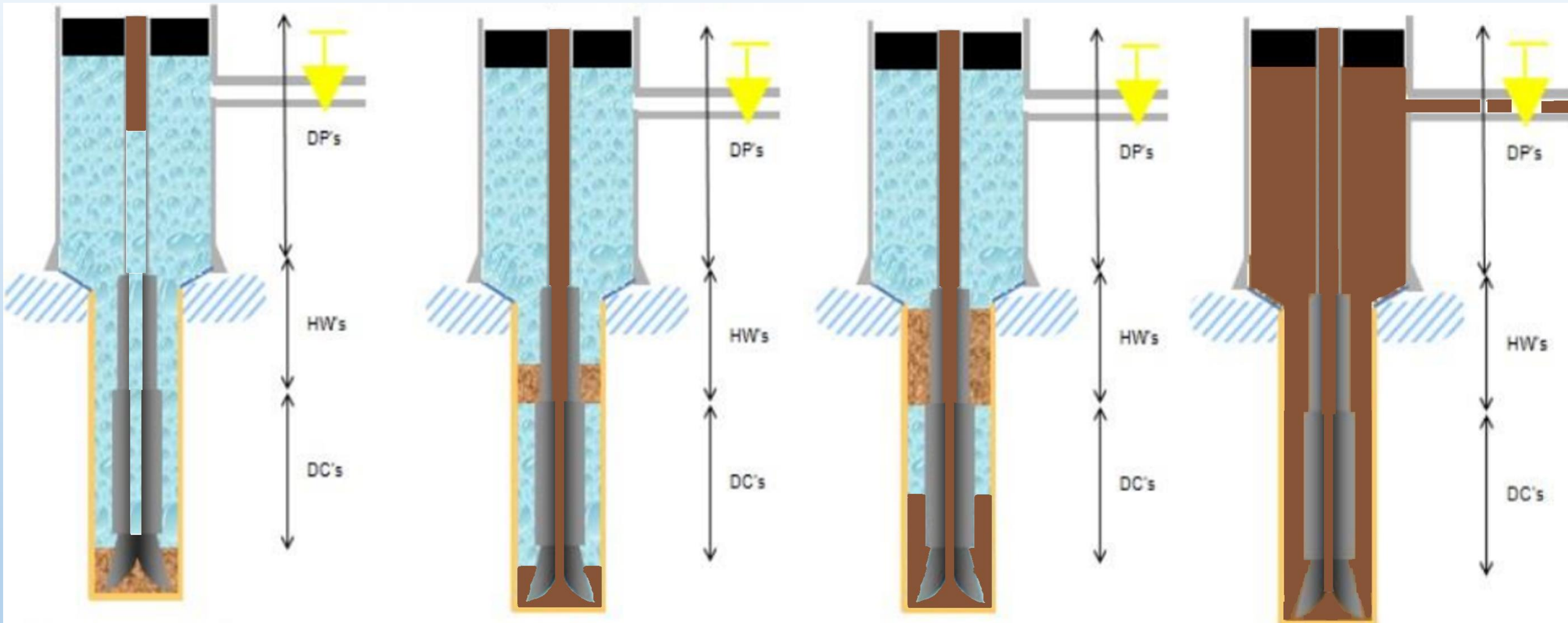
2ª Circulação



Método do Engenheiro

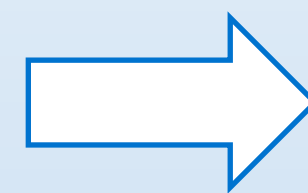


Método do Engenheiro



Expansão de Gás Durante a Circulação

$$V_2 = \frac{P_1 \times V_1}{P_2}$$



$$V_2 = \frac{P_{\text{poros}} \times \text{Volume do kick}}{P_{\text{choke}}}$$

Expansão de Gás Durante a Circulação

Um kick ocorreu com a broca no fundo do poço e será circulado usando o método do sondador. Você tem um tanque ativo com 3,05 metros de altura e capacidade e capacidade de 180 bbls.

Volume do kick = 10 bbls

MD/TVD = 1463 metros

Massa específica do fluido de perfuração = 9,9 lb/gal

SIDPP = 250 psi

SICP = 350 psi

Pressão de poros = 2721 psi

Previsão da máxima pressão no choke durante o amortecimento do poço = 500 psi.

Depois do aumento inicial de 10 bbls, qual deve ser o aumento adicional de volume no tanque? Ignore os efeitos da temperatura e de compressibilidade do fluido.